Die

Brückenbaukunde

in

ihrem ganzen Umfange.

Ein Handbuch

für Ingenieure und Baumeister.

Bearbeitet

von

H. Müller,

Baucommissair in Bremen.

Erster Band.

Die Hülfswissenschaften enthaltend.

Leipzig,

Romberg's Verlag.

Erste Abtheilung.

Hülfswissenschaften enthaltend.

Erstes Capitel.

Untersuchungen über die Baustelle.

§. 1. Allgemeines.

Soll über ein fließendes Gewässer eine Brücke gebaut werden, so hat man zuvörderst die Größe der Durchflußöffnung an dieser Stelle zu bestimmen. Diese Größe ist aber durchaus nicht willkürlich anzunehmen, sondern ganz und gar abhängig von der Menge des Wassers bei dem höchsten Wasserstande, und von der Zeit, in welcher diese Menge abfließt. Ist dies bestimmt, so richten sich darnach wieder die übrigen Abmessungen. Bei Lösung dieser Aufgabe aber, welche immer sehr schwierig ist, indem das Brückengebäude weder schädliche Anschwellungen des Wassers, noch Versandungen oder Untiefen hervorbringen darf, sind noch viele andere Nebenumstände zu berücksichtigen. Ehe wir jedoch hierzu übergehen, sollen hier erst einige nähere Sachbezeichnungen folgen.

Unter Fluß versteht man im Allgemeinen einen durch die Natur selbst geschaffenen offenen Canal, in welchem sich das Wasser vermittelst eines beständigen Gefälles fortbewegt. Jeder Fluß hat seine Seitenwände, welche man Ufer nennt. Die Vertiefung, in welcher das Wasser fließt, heißt das Grundbett, Bett oder Boden, und die tiefste Aushöhlung des Grundbettes heißt die Stromrinne. Gerade über der Stromrinne, in derjenigen Verticalebene des Flusses, die die Oberfläche desselben trifft, befindet sich der Stromstrich oder der Hauptstromfaden. — Der senkrechte Abstand des Stromstriches von der Fluß- oder Stromrinne heißt der Wasserstand.

Legt man durch den Stromstrich eine verticale Ebene, so bezeichnet dieselbe das Längenprofil. — Diese Ebene selbst aber wird die Stromstrichwand genannt. — Denkt man sich einen Fluß senkrecht durch seine Bahn von einer verticalen Ebene geschnitten, so erhält man ein Quer- oder Breitenprofil oder einen Querschnitt des Flusses. Der Umriß des Flußbettes, soweit derselbe die Querwasserwand des Flusses darstellt, heißt der Umfang des Profils.

Unter der Wassermenge versteht man diejenige Masse Wasser, welche durch irgend einen Querschnitt des Flusses während einer Secunde abfließt. Die Geschwindigkeit des Stromes wird durch den Weg ausgedrückt, welchen das Wasser in einer Secunde zurücklegt; man sagt daher: die Geschwindigkeit des Stromes ist drei Fuß, d. h. der Strom legt in der Secunde drei Fuß zurück.

Die geneigte Lage des Stromstriches mit der wahren Horizontallinie heißt die Neigung des Flusses, die geneigte Lage dagegen, welche die Stromrinne mit der wahren Horizontallinie bildet, heißt der Abhang desselben. Die Neigung ist daher der Fall des Flusses, dagegen der Abhang der Fall des Bettes. Da aber bei allen natürlichen Flüssen der Abhang von der Neigung sehr verschieden ist, so ist die Unterscheidung zwischen Abhang und Neigung durchaus erforderlich.

Bilden die Flußufer hervorstehende Ecken oder ziehen sich dieselben oberhalb einer weiten Flußbahn zusammen, oder bildet ein Ufer große Concavitäten, so werden viele Stromfäden seitwärts geworfen und es entstehen dann rückkehrende Strömungen, welche man Widerströme oder Strudel nennt. — Bilden sich in den Widerströmen viele kleine Drehungen, so entstehen Wirbel. Diese Widerströme werden häufig auch von in das Flußbett hineintretenden Bauwerken veranlaßt.

Eine bedeutende Krümme des Flusses heißt eine Sergentine oder Flußkrümme. Hierbei liegt das concave Ufer im Abbruch, dagegen das demselben gegenüberstehende convexe Ufer in der Anfügerung. Wird nun eine solche Sergentine durchgegraben, um dem Flusse eine bessere Richtung zu geben, so heißt dieser Canal ein Durchstich.

Wird das Profil durch irgend einen Gegenstand erhöhet, so schwillt das Wasser oberhalb desselben an, und es entsteht also eine Stauung oder ein Aufstau. — Die hierdurch hervorgebrachte Veränderung des Wasserspiegels, nämlich daß derselbe gewöhnlich unterhalb tiefer als oberhalb steht, nennt man einen Wasserpaßwechsel. Diese Erscheinungen entstehen aber nicht immer bloß durch plötzliche Erhöhungen des Bettes, sondern sie können auch bei Verengerung des Profils erfolgen.

Das Material, welches der Fluß führt oder das sich auf seinem Bette, an seinen Ufern oder auf deren Vorland ablagert, heißt das Flußmaterial.

§. 2. Von der Natur der Flüsse.

Die Eigenschaft, womit die Bewegung des Wassers verzögert oder geschwächt wird, wodurch aber auch gleichzeitig die Bewegung des Wassers hervorgebracht wird, ist die Cohäsion der Wassertheilchen unter sich, mittelst welcher auch wieder ihre Adhäsion an andere Körper also auch an die Ufer und an das Flußbett entsteht. Es ist daher auch die Cohäsion des Wassers die Ursache, daß jeder auf das Wasser angewendete Druck dergestalt in die Wassermasse fortgepflanzt wird, daß alle seine Theile, wenn es im Gleichgewicht bleibt, einerlei Druck erleiden. Befinden sich nun die obern Wasserschichten

in Bewegung, so reißen diese die nächstfolgenden mit sich fort und setzen dieselben somit ebenfalls in Bewegung.

Denkt man sich nun ein Gewässer oder einen Fluß, dessen Oberfläche horizontal ist und dessen Bette eine beliebige Gestalt haben möge, so kann, wenn außer dem Gewichte des Wassers keine andern Ursachen hinzukommen, keine Bewegung desselben entstehen, weil alle seine Theile auf der Oberfläche und in jeder Tiefe nach allen Seiten hin, einen gleich starken Druck ausüben. Erhält hingegen der Wasserspiegel nach irgend einer Richtung gegen den Horizont eine Neigung, so entsteht nach dieser Richtung hin eine Bewegung, indem nun sämmtliche Wassertheilchen im Flußbette nach derjenigen Richtung der Neigung einen stärkern Druck, als nach jeder andern Seite hin erleiden. Es kann aber auch eine stillstehende Wassermasse in Bewegung gesetzt werden, wenn von der einen Seite eine neue Wassermasse eintritt und nach der andern Seite die Oberfläche des Canals mit einem andern Gewässer in einer Horizontalebene stand. Hierbei drücken die obern Querschnitte auf die zunächststehenden vermöge der Flüssigkeit und der Cohäsion des Wassers und sind somit die Ursache der Bewegung der übrigen Querschnitte, von welchen immer einer den andern vorwärts schiebt. Hierbei stellt sich alsdann auch gleich nach Eintritt der Bewegung, die Neigung des Wasserspiegels nach der Richtung der Bewegung hin, ein. Soll aber vermittelst dieses Drucks der Querschnitte auf einander in dem Canale eine fortdauernde Bewegung erhalten werden, so ist nothwendig erforderlich, daß derjenige Querschnitt, von welchem die Bewegung ausgeht, stets eine größere Wassermenge durchlasse, als die darauf folgenden und alle übrigen.

Dieses ist jedoch nicht die einzige Ursache der Bewegung des Wassers in Flußbetten, sondern es wird dieselbe auch in einem hohen Grade durch den Abhang des Bettes bedingt. Denn wäre dieses letztere nicht der Fall, so würde in länger trockenen Zeiten, wo der Zufluß sehr geringe wird, die Bewegung ganz aufhören müssen. Je größer nun dieser Abhang ist, um so bedeutender drücken die obern Querschichten auf die nächstfolgenden und um so schneller strömt alsdann der Fluß.

Oben wurde angeführt, daß eine Bewegung des Wassers durch einen größern Zufluß von einer Seite her, hervorgebracht werden kann. Dieses findet namentlich und häufig dann in einem sehr hohen Grade Statt bei Gewitterregen oder plötzlich eintretendem Thauwetter, wo die Wassermasse durch den aufthauenden Schnee vermehrt und dadurch eine größere Geschwindigkeit, aber auch gleichzeitig ein beschleunigter Abfluß hervorgebracht wird.

Hieraus läßt sich leicht ersehen, daß man daher zum Behuf des Brückenbaues nicht die Dimensionen und die Geschwindigkeit des Flusses beim gewöhnlichen Wasserstande, sondern bei den höchsten Wasserständen untersuchen muß, weil sonst die Resultate zu gering ausfallen würden. Namentlich ist dies auch bei Waldbächen, und ähnlichen Gewässern zu berücksichtigen, wenn darüber eine Brücke erbaut werden soll, weil bei starkem Gewitterregen diese häufig zu einer sehr bedeutenden Höhe anschwellen und hierbei eine reißende Geschwindigkeit annehmen.

Uebrigens ändert sich das Gefälle des Stroms auch in einem hohen Grade

bei verschiedenen Wasserständen. Der Grund dieser Erscheinung ist hauptsächlich darin zu suchen, daß bei eintretenden Anschwellungen das Abflußprofil nicht mehr durch das eigentliche Bette, sondern durch die Entfernung der höhern Ufer bedingt wird. Ueberhaupt läßt sich aber annehmen, und es bestätigt sich auch durch die Erfahrung, daß bei hohem Wasserstande das Gefälle sich viel gleichmäßiger darstellt, als dieses bei kleinem Wasser der Fall ist. Dieses rührt hauptsächlich daher, daß bei hohem Wasser die im Flußbette vorhandenen hohen Kiesbänke oder künstlichen Einbauten ihren Einfluß mehr oder weniger verlieren. Eine Ausnahme von dem oben Gesagten tritt jedoch ein, sobald die höhern Ufer sehr nahe zusammentreten, wodurch das Profil in der Breite sehr beschränkt wird, und so noch ein stärkeres Gefälle erforderlich ist, um die entsprechende größere Geschwindigkeit zu erzeugen.

Was die Geschwindigkeit eines Stromes betrifft, so stellt sich diese in einem Profil immer sehr verschieden heraus. Besonders tritt dieses an denjenigen Stellen deutlich hervor, wo das Strombette plötzlich seine Breite oder Tiefe verändert. Aus vielfachen Beobachtungen, welche darüber angestellt wurden, die mittlere Geschwindigkeit eines Stroms zu bestimmen, welche indeß in dieser Hinsicht zu keinem bestimmten, sondern nur zu annähernden Resultaten geführt haben, hat sich ergeben, daß die Geschwindigkeiten, wenn sie im Allgemeinen auch von oben nach unten hin abnehmen, doch nicht in der Oberfläche selbst am größten sind, sondern in einer gewissen Tiefe darunter, vielleicht bei 1 Fuß, das Maximum sich vorfindet; ferner daß die Geschwindigkeit des Wassers gewöhnlich in der Mitte, wo die größte Tiefe stattfindet, auch am größten ist, dagegen nach beiden Seiten oder gegen die Ufer hin abnimmt. Die Ursache hiervon liegt in dem Umstande, daß die Widerstände der Seitenwände die Bewegung des Wassers seitwärts mehr verhindern als in der Mitte, wo es auf einer größern Tiefe fließt, indem das Wasser eine starke Adhäsion zu den Seitenwänden besitzt und dadurch die nächsten Stromfäden aufgehalten werden, und diese dann die Bewegung der nächstfolgenden verzögern.

Aus weitern Beobachtungen ist ferner hervorgegangen, daß die Oberfläche eines Flusses selten eine gerade Linie bildet. Befindet sich z. B. im Flusse kein Hinderniß, so daß das Wasser frei abfließen kann, so bildet es nach der Länge des Flusses eine convexe Oberfläche; wird es aber in seinem Laufe gehemmt, so entsteht eine concave Krümmung in der Oberfläche des Wassers. Eben so bildet auch bei anschwellendem oder bei fallendem Wasser die Oberfläche keine gerade Linie, sondern wenn das Wasser in einem Flusse steigt, so steht es in der Mitte seines Querprofils höher als an den Ufern, indem durch die größere Geschwindigkeit in der Mitte, die Wasserfäden vom Ufer abgezogen werden; fällt dagegen das Wasser, so ist die Mitte tiefer, als beide Ufer.

Hieraus erfolgt deutlich, das die Geschwindigkeit des Wassers in den Querprofilen der Flüsse sehr ungleich sein muß, und daß sie sich sowohl in der Breite, als auch in der Tiefe derselben ändert.

Wodurch die Geschwindigkeit auch bedeutend verzögert werden kann, sind die Serpentinen. Diese verzögern nicht allein die Geschwindigkeit, sondern sie tragen auch häufig wesentlich dazu bei, daß sich Eisstopfungen bilden, und

der Fluß alsdann gezwungen wird, einen andern Lauf sich zu suchen. Daß aber solches sehr leicht gefährlich werden kann für ein im Wasser aufgeführtes Bauwerk, versteht sich wohl von selbst, und dieses um so mehr, wenn sich in der Nähe des Bauwerks, ober- oder unterhalb desselben eine solche Serpentine gebildet hat, weil dann die Geschwindigkeit des Flusses eine ganz andere wird, als die bei den Voruntersuchungen zum Behufe des vorzunehmenden Bauwerks gefunden wurde. Eben so wird auch durch die Bildung von Inseln die Geschwindigkeit verzögert. Da aber diese Verzögerungen sehr häufig nur für kurze Zeit stattfinden, indem der Fluß namentlich bei hohem Wasser und bei Eisgängen, sein Bette selbst wieder verändert, die Hindernisse forttreibt und an einer andern Stelle wieder absetzt, so hat der Baumeister hierauf um so mehr zu achten und häufig kommt er alsdann in den Fall, bei Aufführung eines Brückenbaues die Geschwindigkeit des Stromes entweder beschleunigen oder retardiren zu müssen, indem er das Flußbett ober- und unterhalb des Bauwerks bis zu einer nicht geringen Entfernung corrigirt. Die hierzu geeigneten Mittel am zweckmäßigsten auszuwählen, muß natürlich der Beurtheilungskraft des Baumeisters überlassen bleiben, weil sich hierzu keine besondern Vorschriften geben lassen, sondern es immer sehr von der Localität abhängig ist, welche Mittel anzuwenden sind.

Als eine fernere Ursache, wodurch die Geschwindigkeit des fließenden Wassers verzögert wird, muß auch das Fortwälzen des Flußmaterials und der Umstand gezählt werden, daß im Strome eine Menge Thon, Sand und Erde schwimmt, sobald der Strom anschwillt.

§. 3. Von dem Strombette.

Nachdem wir, soweit es hier nothwendig war, die Ursachen der Bewegung des Wassers, und unter welchen Umständen es schneller oder langsamer strömt, angedeutet haben, ist es noch erforderlich, auch die Bestandtheile des Materials, woraus das Strombett und die begrenzenden Ufer bestehen, in nähere Erwägung zu ziehen. Denn es ist eine genaue Kenntniß des Bodens nicht allein deshalb nothwendig, um ein Bauwerk mit Sicherheit darauf gründen, sondern auch um die nöthigen Correctionen des Flusses zur bessern und bequemern Schifffahrt und zur Verhütung von sich bildenden Inseln und daraus leicht entstehenden Eisstopfungen bei Eisgängen, ausführen zu können.

Die größere oder geringere Festigkeit des Flußbettes verursacht nicht allein die sehr verschiedenen mannigfach unregelmäßig gestalteten Formen desselben, sondern sie bedingt auch die Festigkeit des darauf auszuführenden Bauwerks und die Art der Fundirung desselben. Es ist daher eine genaue Untersuchung des Grundes von der größten Wichtigkeit.

Verfolgt man das Bett eines Flusses auf seiner ganzen Länge, so ist die Verschiedenheit des Materials, woraus dasselbe besteht, sehr auffallend. Gegen die Quellen der Flüsse hin, und soweit sie im Gebirge fließen, bestehen die Flußbetten meistens aus Felsengrund und losen Steinen. Diese Steine werden, je mehr man sich von der Quelle entfernt, immer kleiner und abgeschliffener

und verlieren ihre anfänglichen scharfen Ecken und Kanten immer mehr, bis zuletzt zur Größe von Sandkörnern. Die Stufenfolge in der Größe des Materials ist keineswegs zu verkennen und rührt dieselbe wohl vorzugsweise von der Beschaffenheit der Ufer, und zwar nicht allein des Stromes selbst, sondern auch der Nebenflüsse, her. Ein anderer Grund dieser Abstufung ist auch jedenfalls in der Abnahme der Geschwindigkeit des Stroms zu suchen.

Es sind übrigens nicht allein Steine, Kiesel, Grand (Kies) oder Sand, welches die Flüsse mit sich führen, sondern sie führen auch sehr häufig Schlamm oder Schlick mit sich, welcher sich dann allein oder in Gemeinschaft mit dem feinen Sande an solchen Stellen, wo keine Strömung mehr stattfindet, oder diese doch sehr geringe geworden ist, ablagert. Schon hieraus geht hervor, daß der Boden sehr verschiedenartig sein muß und sein kann.

So groß nun auch die Verschiedenheit des Bodens ist, so kann man doch in Hinsicht seiner Festigkeit und seines Verhaltens gegen Wasser sehr zweckmäßig denselben in drei Hauptklassen eintheilen.

Zur ersten Klasse gehört harter Felsen oder Tuffstein.

Zur zweiten Klasse gehört der aus losen Steinen (Geschieben), festem Grand und Kiessand bestehende Boden, der ohne Mergel- und Lehmtheile ist.

Zur dritten Klasse gehört der Boden, welcher aus Thon, Letten, Mergel, Erde, feinem Sand u. s. w. besteht.

§. 4. Vom Felsboden.

Wenngleich der Felsboden der festeste unter allen Baugründen ist, so kann es sich doch zuweilen ereignen, daß derselbe nicht diejenige Festigkeit und Tragfähigkeit besitzt, welche erforderlich ist, ein schweres Bauwerk mit Sicherheit tragen zu können. Es kommt nicht selten vor, daß derselbe einer sehr starken Verwitterung unterworfen ist, und daher die darauf aufgeführten Gebäude mit der Zeit, namentlich wenn selbige an Abhängen stehen, in Gefahr gerathen.

Es kann aber auch der Fall vorkommen, daß die Felsmasse, welche man antrifft und für Felsboden hält, nur aus einem losen Geschiebe besteht und durch starke Fluthen oder auf sonstige Art herbeigeführt worden ist. Ein Beispiel hiervon beschreibt Vicat bei Gelegenheit des Baues der Brücke zu Souillac über die Dordogne, welcher in den Jahren 1822 und 1823 ausgeführt wurde. Der Grund, worauf der erste Mittelpfeiler am linken Ufer fundirt wurde, zeigte zum Theil eine ebene und horizontale Oberfläche des Kalkfelsens, im Uebrigen bemerkte man nur einige scharfe Felsspitzen und sehr tiefe Spalten, die größtentheils mit Kies und Steinschutt ausgefüllt waren. Beim Einrammen der Pfähle in diese Spalten, trafen dieselben bald auf stark geneigte Felsflächen und war man beim tieferen Einschlagen nicht mehr im Stande, dieselben in lothrechter Stellung zu erhalten, es wurde daher das fernere Einrammen gefährlich und sogar unmöglich. Bei der Aufführung des Pfeilers und nachdem dieser mit einer Probebelastung von circa $5\frac{1}{3}$ Millionen Pfund beschwert war, brach plötzlich der circa 16 Fuß starke Bétonkörper auf nahe ein Drittel seiner Länge aus einander.

Besteht nun der Felsen aus einem von Spalten freien, harten Gestein, als Porphyr, Granit, Gneis, Kalk- oder Sandstein u. s. w., welches nicht geklüftet ist und auch nicht verwittert, und hat dasselbe sonst eine hinreichende Mächtigkeit, so hat ein solcher Baugrund nicht allein eine hinreichende Tragfähigkeit, sondern man ist auch nicht der Gefahr der Zerstörung des Steins durch die Einwirkung des Wassers ausgesetzt.

Ist dagegen der Felsen aus Kreide, Gyps, Thonschiefer, Mergel u. dgl. ähnlichem Gestein bestehend, so steht immer zu befürchten, daß wenn der Felsen auch mächtig genug ist, derselbe dennoch nach allen Richtungen hin von Spalten und Klüften durchzogen und außerdem auch sehr leicht der Verwitterung ausgesetzt ist.

Man sieht hieraus also, wie nothwendig es ist, selbst wenn auch der Baugrund aus Felsen oder Tuffstein besteht, vorher genaue Untersuchungen über die Festigkeit und Mächtigkeit desselben anzustellen, ehe man ihn als Baugrund benutzt; denn hat derselbe hohle Stellen, so kann er als Baugrund sehr leicht gefährlich werden, indem durch die Last des Bauwerks die Decke sehr leicht eingedrückt werden kann.

§. 5. Vom Kiesgrunde.

Da der reine Kies sich immer nur bei einer heftigen Strömung niedergeschlagen hat und daher eine feste Ablagerung desselben anzunehmen ist, so kann man, wenn derselbe sonst nur eine bedeutende Mächtigkeit hat, und diese mindestens 15 bis 20 Fuß beträgt, sowohl leichtere als auch schwerere Bauwerke darauf aufführen, ohne ein Nachgeben des Bodens befürchten zu müssen. Jedoch muß man insofern dabei behutsam zu Werke gehen, daß man die Baugrube nicht durch Ausschöpfen des Wassers frei erhalten will, weil der dann sich augenblicklich einstellende starke Wasserzudrang den Boden auflockert. Dasselbe findet auch Statt bei dem aus Geschieben oder festem Grand bestehenden Boden. So lange derselbe nicht vom Wasser aufgelockert und treibend gemacht wird, bietet er bei sonst hinreichender Mächtigkeit vollständige Sicherheit. Es ist daher die Anordnung so zu treffen, daß ein Auflockern des Grundes nicht hervorgerufen werde, wodurch die Fundamente unterwaschen und so dem möglichen Einsturz nahe gebracht werden würden. Um dieses zu verhindern, müssen jedoch künstliche Mittel angewendet werden, worüber später das Nöthige gesagt wird.

§. 6. Vom schlechten Baugrunde.

Zu dieser Gattung des Bodens gehört jeder, der aus Dammerde, Schlamm, Torfgrund, Mergelerde, Letten, Thon, Triebsand u. s. w. besteht.

Auch selbst derjenige Sandgrund, welcher bei Landbauten vollständige Sicherheit als Baugrund gewährt, kann beim Wasserbau nicht zum sichern Baugrunde gezählt werden, indem derselbe durch eine stärkere Strömung fortgespühlt und somit das Bauwerk unterwaschen werden würde. Es muß also auch dieser

Boden, eben so wie die übrigen zu dieser Gattung gehörenden Erdarten durch die Kunst befestigt werden, und dadurch die nöthige Sicherheit erhalten, wovon weiter unten das Nähere abgehandelt werden soll.

§. 7. Von der Untersuchung des Baugrundes.

Um vollkommene Kenntnisse über die geognostische Beschaffenheit des Baugrundes und dessen Umgebungen zu erlangen, kommt es zunächst darauf an, denselben zu untersuchen. Diese Untersuchungen dürfen jedoch nicht nur an einer Stelle, sondern sie müssen an verschiedenen Stellen des Baugrundes vorgenommen werden, weil häufig die verschiedenen Erdschichten plötzlich an Mächtigkeit abnehmen und dann mit andern abwechseln.

Die Untersuchungen geschehen entweder:

1) durch Aufgraben; oder
2) durch Hineinstoßen mit dem Visitireisen; oder
3) durch Bohren mit dem Erdbohrer oder Steinbohrer; oder
4) durch das Einrammen von Probepfählen.

Durch das Aufgraben erlangt man zwar eine sehr genaue Kenntniß der durchgegrabenen Erdschichten, jedoch nur der obern, vorausgesetzt, daß der Boden überhaupt sich nicht unter Wasser befindet, in welchem Falle diese Arbeit ganz unmöglich würde; überdies kann man auch nicht sehr tief damit hinabdringen, indem bis zu einer gewissen Tiefe das Grundwasser eintritt, und dieses das weitere Tiefergraben ganz verhindert.

Was die Untersuchung des Baugrundes mittelst des Visitireisens betrifft, so ist diese nur immer höchst mangelhaft und giebt auch nur eine sehr unvollkommene Kenntniß von der Beschaffenheit der Erdschichten. Aber dennoch wendet man das Visitireisen zur Untersuchung des Grundes sehr häufig an.

Das Visitireisen ist eine am untern Ende zugespitzte viereckige oder runde eiserne Stange, welche durch Aufheben und Niederstoßen in den Boden hineingetrieben wird. Nach dem schwerern oder leichtern Eindringen dieser Stange in den Grund und nach einem durch die Gewohnheit geübten Gefühle urtheilt man nun auf die Art der durchdrungenen Lagen selbst; und nach den beim Herausziehen der Stange angehängten Erdtheilchen wird die Beschaffenheit und die Dichtigkeit des Grundes beurtheilt. Diese Untersuchung ist jedoch, wie gesagt, nur sehr mangelhaft und namentlich, wenn man in einem fließenden Gewässer den Boden mit einem solchen Visitireisen untersuchen wollte, weil dann die angehängten Erdtheilchen sehr leicht vom Wasser weggespühlt werden würden. Soll daher in einem Gewässer der Boden mittelst der Visitirstange untersucht werden, so muß dieselbe eine andere Einrichtung erhalten. Perronet bediente sich eines solchen Visitireisens, an welchem in einfüßigem Abstande kleine aus Eisenblech bestehende Taschen, die unten offen stehen, befestigt waren. Dieses Visitireisen wurde mit einem Rammklotze in den Grund eingetrieben. Die Taschen waren vorher mit Talg ausgeschmiert, und so blieb das in dieselben eingedrängte Erdreich darin hängen, so daß man beim Herausziehen der Stange die Beschaffenheit der Erdlagen bemerken konnte.

Die Untersuchung mit dem Erdbohrer liefert immer sehr bestimmte Resultate, in sofern, daß man daraus die Mächtigkeit und die Beschaffenheit der einzelnen auf einander liegenden Erdschichten deutlich erkennen kann.

Man hat vielerlei Arten von Erdbohrern in Vorschlag gebracht, doch sollen hier nur einige und zwar die gewöhnlichsten dargestellt werden, indem es ganz und gar zwecklos sein würde, alle verschiedenen Erdbohrer hier beschreiben zu wollen.

In Fig. 1, A, B, C und D ist ein gewöhnlicher Erdbohrer dargestellt. A ist hier das obere Stück des Bohrers und ist an dessen Kopf eine runde Oeffnung e angebracht, durch welche ein Holz oder eine eiserne Stange gesteckt wird, um den Bohrer herumdrehen zu können. Am untern Ende dieses Stücks befindet sich eine Schraubenmutter f, um dieses Stück auf ein anderes aufschrauben und so die Stange, woran der Bohrer ist, verlängern zu können. Der Bohrer B, welcher vermittelst der Schraube g an das Stück A angeschraubt wird, dient dazu, um Rasen und Wurzelwerk durchzuschneiden; nachdem aber dieses geschehen und die obere harte Erdschicht oder Grasnarbe durchgeschnitten ist, wird das Stück B wieder abgenommen und der eigentliche Erdbohrer C an das Stück A befestigt. Soll der Bohrer verlängert werden, so schraubt man das Stück A ab und wird dann das Mittelstück D dazwischengeschraubt. Ein solches Mittelstück hat an seinem untern Ende eine Schraubenmutter und an seinem obern Ende eine Schraubenspindel. Durch das Aufsetzen von mehreren Mittelstücken läßt sich der Bohrer ansehnlich verlängern.

In Fig. 2, A, B, C, D ist ein anderer Erdbohrer dargestellt, welcher, wenn auch künstlicher, doch in losem Erdreich und in sandigem und morastigem Grunde weit brauchbarer ist, als der in Fig. 1 angedeutete.

Dieser Bohrer ist mit einem besondern Schieber D versehen, der zwar nicht von dem Bohrer abgenommen werden kann, sondern hier nur der Deutlichkeit wegen besonders dargestellt ist. C ist der Bohrer, ohne den sonst daran befestigten Schieber gezeichnet, mit der Oeffnung a, in welche bei Oeffnung des befestigten Schiebers das ausgebohrte Erdreich dringt. A zeigt den Bohrer, wenn der Schieber b die Oeffnung a bedeckt; B zeigt den Bohrer in diesem Zustande von der Seite.

Der Bohrer selbst ist ein ausgehöhlter Cylinder, an welchem unten eine Schraube und oben eine Stange befindlich ist, woran eines von den oben erwähnten Mittelstücken zur Verlängerung angesetzt werden kann. In diesem Cylinder ist die Oeffnung a, welche durch den erwähnten Schieber bedeckt wird, der ziemlich genau an den Cylinder anschließt; dieser Schieber ist oben und unten mit Ringen c c um den Cylinder befestigt. Jeder Ring läuft zwischen zwei Leisten d und e, die an dem Cylinder selbst befestigt sind. Die Leisten e e laufen aber nicht um den ganzen Cylinder, sondern es fehlt von denselben an der Seite, wo die Oeffnung ist, so viel, daß der Schieber sich so viel vor- und rückwärts schieben läßt, bis die Oeffnung a geöffnet oder geschlossen wird. Das Auf- und Zuschließen des Schiebers in der Tiefe muß lediglich durch die an dem Bohrer sich reibende Erde geschehen und es ist zu dem Ende auf die Mitte des Schiebers ein hervorstehender Rücken f angeordnet, welchen die gegen

den Bohrer drückende Erde beim Vor- und Rückwärtsdrehen jedesmal angreift, und so das Auf- und Zuschließen des Schiebers bewirkt.

Beim Bohren selbst muß der Bohrer immer nach derjenigen Richtung herumgedreht werden, wodurch der Schieber denselben verschließt; ist man aber bis zu der untersten Stelle des Bohrlochs mit dem Bohrer heruntergekommen und will man demnach die tiefer liegende Erdschicht untersuchen, so dreht man nach entgegengesetzter Richtung, wodurch dann der Schieber sich öffnet und der Cylinder mit der in nächster Berührung stehenden Erde angefüllt wird. Kann man voraussetzen, daß nach mehrmaligem Umdrehen der Cylinder mit Erde angefüllt ist, so dreht man wieder entgegengesetzt um, wodurch der Schieber sich wieder schließt. Beim Herausziehen des Bohrers muß man sich hüten, denselben zu drehen, indem man leicht durch ein Rückwärtsdrehen den Schieber öffnen kann und somit andere Erde eindringt, wodurch aber dann die Untersuchung mangelhaft wird.

Es soll hier noch eines dritten Erdbohrers Erwähnung geschehen. Derselbe ist in den Figuren 3 A und B näher dargestellt.

Dieser Bohrer besteht aus einem vierseitigen Kasten a b c d, der von starkem Eisenblech hergestellt ist, und in welchem sich ein ebenfalls von Eisenblech hergestellter Cylinder e f befindet, der mittelst der Stücke g g an den äußern Kasten unverrückbar festgemacht ist. In dem Cylinder bewegt sich das Gestänge des Bohrers und geht dasselbe durch die Mitte einer kreisförmigen Oeffnung m, die in den rechtwinkelig sich schneidenden, mit den äußern Kasten verbundenen Kreuzbügeln befindlich ist. Rings um den Theil des im Cylinder beweglichen Bohrgestänges windet sich eine spiralförmige Fläche, um den Sand herauszuheben. An dem obern Ende des Stiels wird ein Ring p angebracht, damit sich derselbe nicht tiefer als bis an die Oeffnung m in die Erde einsenkt. Der Cylinder e f bildet die innere Wand des vierseitigen Kastens, der auf dem Boden des Bohrloches aufsteht. Dreht man das Gestänge vorwärts, so dringt die Schraube mit Leichtigkeit in den Sand ein und zwar so lange bis der Ring p gegen die Oeffnung m in den Kreuzbügeln stößt. Sobald dieses erfolgt, wird das Drehen des Gestänges bedeutend erschwert und man hebt nun dasselbe zugleich mit der Schraube auf, bis der über dem Schraubengewinde befindliche Ring q gegen die Kreuzbügel trifft. Der auf dem Schraubengewinde liegende Sand konnte wegen der Nähe der Röhre nicht sogleich herabfallen, sobald er aber über die Röhre herausgehoben ist, stürzt er in den äußern Kasten. Hierauf wird das Bohrgestänge wieder hinabgelassen, dieselbe Arbeit damit wieder ausgeführt und dann wieder heraufgezogen.

Dieses wird mehrere Male wiederholt, um den Kasten anzufüllen. Man zieht ihn dann heraus und leert ihn von unten aus, indem man den Boden des vierseitigen Kastens, welcher durch Schrauben an denselben verbunden ist, losnimmt.

Zum Zusammensetzen der Bohrstange wendet man auch anstatt der erwähnten Verschraubungen die in Fig. 4 dargestellten Verbindungen an. Dieselben bedürfen keiner weitern Erklärung.

Um in Stein- oder Felsengrund bohren zu können, muß man Bohrer an-

wenden, die von den eben erwähnten ganz verschieden sind, indem hier das eigentliche Bohren oder das Drehen des Gestänges aufhört und das Bohrloch nur durch wiederholtes Aufstoßen scharfer und gut verstählter eigends dazu geformter Steinbohrer dargestellt werden kann. Das ganze Gestänge muß hierbei durch besondere Vorrichtungen gehoben werden, und indem es herabfällt, den Stoß ausüben. Es muß daher die Zusammensetzung des Gestänges auch anderer Art sein, wie dieses bei dem Erdbohrer der Fall ist.

Das am häufigsten zum Bohren in Stein benutzte Instrument ist der in Fig. 5 dargestellte Meißelbohrer oder einschneidige Meißel. Man giebt demselben gemeiniglich eine etwas convexe Schneide, damit er sich um so sicherer in der Achse des Bohrloches hält. Nach dem jedesmaligen Herunterfallen des Bohrers dreht man denselben mittelst eines in Fig. 10 dargestellten eisernen Heftes um $1/_6$ des ganzen Umfangs. Diesen einschneidigen Meißel wendet man hauptsächlich zum Vorbohren an. Beim weiteren Bohren gebraucht man jedoch den in Fig. 6 dargestellten Kreuzbohrer. Dieser besteht aus zwei sich kreuzenden Meißelbohrern.

Das durch den Steinbohrer gelöste Material kann durch den Bohrer selbst nicht gehoben werden, sondern man bedient sich dazu besonderer Instrumente und besonders der in den Figuren 9 angegebenen Löffel.

Besteht der zu untersuchende Grund aus Geschieben, so lassen sich die bisher angeführten Bohrer nicht wohl benutzen; man wendet alsdann den Anstech- oder Keilbohrer an, welcher in den Figuren 7 A und B dargestellt ist. Figur A stellt den Grundriß des Bohrers nach der Linie mn dar. Man giebt demselben starke Maße, um die Hindernisse auf die er stößt gehörig überwinden zu können.

Um die beim Herausziehen des Bohrers in das gebohrte Loch zurückfallenden Geschiebe herauszuziehen, bedient man sich des Winders oder doppelten Kratzers, der in Fig. 8 dargestellt ist.

Sollen die Untersuchungen mittelst der Erd- oder Steinbohrer unter Wasser ausgeführt werden, so kann man ohne andere Schutzmittel der Bohrstelle anzuwenden, wohl nicht zum Ziel gelangen, indem einmal das Bohrloch durch die Bewegung des Wassers bald wieder mit Sand, Erde oder Schlamm zugefüllt werden würde; anderntheils würde es aber auch wieder sehr schwierig sein, beim Hineinstecken in das Bohrloch, dasselbe wiederzufinden. Um daher in diesem Falle sicher zu gehen, wendet man mit Vortheil einen an beiden Enden offenen unten mit scharfkantigen Eisen beschlagenen Kasten (s. Fig. 10) von starken Bohlen an. Die innere Weite dieses Kastens richtet sich mehrentheils nach der Größe des Bohrers, doch macht man denselben nicht enger als 6 Zoll. Dieser Kasten wird dann in den Boden eingerammt und erhält eine solche Einrichtung, daß immer neue Stücke angesetzt werden können. Die im Innern befindliche Erde wird mittelst Erdbohrer ausgehoben.

Bei Ambleteuse untersuchte man den Boden eines Flusses mit einem 20 Zoll breiten und 6 Fuß langen, an beiden Enden offenen Kasten; dieser Kasten, an welchem immer neue Stücke angesetzt wurden, wurde circa 79 Fuß tief in den Boden eingerammt, und darauf das im Innern befindliche Erdreich ausgehoben.

Wenngleich man auch durch das Untersuchen mit Bohrern eine vollständige Kenntniß der über einander liegenden Erdschichten erlangt, so kann man darnach dennoch nicht über die Festigkeit derselben urtheilen. Man prüft daher den Grund noch durch Einrammen von Probepfählen.

Diese Pfähle werden vermittelst einer verhältnißmäßig schweren Laufframme in den Boden hineingetrieben, und aus dem mehr leichten oder schweren Eindringen und der Länge der eingeschlagenen Pfähle schließt man auf die Festigkeit des Grundes. Man darf daher diesen Pfählen, welche übrigens auf verschiedenen Stellen der Baustelle eingeschlagen werden müssen, keine zu geringe Länge geben, und müssen dieselben bis beinahe zur absoluten Festigkeit eingeschlagen werden.

§. 8. Von der mittleren Geschwindigkeit.

Wie schon in §. 2 im Allgemeinen angedeutet wurde, ist die Geschwindigkeit des fließenden Wassers in einem Querprofile nicht überall gleich; denn wäre dieses der Fall, so müßte nicht allein der Fluß ein durchaus regelmäßiges Bette haben, sondern es müßte auch der Zu- und Abfluß gleich und das Wasser in allen Tiefen eines jeden Profils gleich stark fließend sein. Man würde alsdann einen hydraulischen Beharrungsstand erhalten. Dieser Zustand kann aber in der Wirklichkeit gar nicht stattfinden, indem nicht allein die Adhäsion des Wassers an den Ufern und dem Bette des Flusses, sondern auch der Luftdruck auf die Oberfläche des Wassers, so wie ferner die Unebenheiten des Flußbettes und die Unregelmäßigkeiten der Ufer einen zu bedeutenden Eindruck auf die Bewegungen des Wassers äußern. Wenn man nun auch im Stande ist, durch zweckmäßige Anlagen den Lauf des Flusses zu reguliren und dadurch einen möglichst regelmäßigen Zustand des Bettes zu erzielen, so kann dieses doch nie in dem erforderlichen Grade geschehen und ferner lassen sich auch die beiden zuerst genannten einwirkenden Umstände keineswegs beseitigen. Es läßt sich daher ein hydraulischer Beharrungsstand bei einem Flusse, auch selbst bei einem Canale mit durchaus regelmäßigem Bette nicht erreichen.

Es kann aber wohl ein Beharrungsstand bei einem Flusse eintreten, welcher jedoch von dem hydraulischen Beharrungsstande zu unterscheiden ist. Der Beharrungsstand eines Flusses ist derjenige Zustand, wenn der Fluß bei trockner Jahreszeit und beim niedrigsten Wasserstande weder steigt noch fällt, und also gleichen Zu- und Abfluß hat. Dieser Zustand kann in jedem der Natur überlassenen Flusse periodenweise stattfinden, und ist derselbe für Wasserbauten aller Art der günstigste, weshalb, wenn dieser Zustand stattfindet, die auszuführenden Wasserbauarbeiten möglichst beschleunigt werden müssen.

Ein allgemein anwendbares Gesetz, welches die Geschwindigkeit des Wassers in Flußbetten unter allen Umständen genau angiebt, ist bis jetzt noch nicht gefunden. Wollte man z. B. die Bewegung eines fließenden Wassers blos in Hinsicht seiner Schwere und der schiefen Fläche, über welche es herabläuft, betrachten, so würde darnach die Geschwindigkeit desselben von seinem Ursprunge an, fortwährend zunehmen müssen und bei seiner Ausmündung am bedeutendsten

sein, weil daselbst die Höhe der schiefen Fläche von ihrem Ursprunge an, am größten ist. Die Erfahrung zeigt aber gerade das Gegentheil davon, denn es haben alle Flüsse in der Nähe ihres Ursprungs die größte Geschwindigkeit und es vermindert sich dieselbe, je weiter die Flüsse ihren Lauf fortsetzen.

Hat das Bette eines Flusses oder einer künstlichen Leitung eine constante Breite und Tiefe, so daß alle Querprofile einander gleich sind, so stellt sich, wenn sonst das Flußbett gerade ist, an dieser Stelle eine gleichförmige Bewegung ein, und kann man in diesem Falle annehmen, daß die beschleunigende Kraft, welche aus der Neigung der Oberfläche des Wassers entspringt, dem Widerstande im Flußbette gleich sein muß. Dieses findet aber nicht mehr Statt, sobald die auf einander folgenden Profile einen verschiedenen Flächeninhalt haben, denn die Bedingung, daß die mittlere Geschwindigkeit bei gleicher Wassermenge gleich bleiben soll, kann nur dadurch erfüllt werden, daß die Profile dem Flächeninhalte und dem Umfange nach unter sich übereinstimmen. Wird der Umfang eines Querprofils größer, so wird auch, bei übrigens gleichen Umständen, wegen des Zusammenhanges des Wassers mit den Wänden, die Verzögerung des Wassers größer, da sich wegen der Cohäsion der Wassertheile, die entstandenen Hindernisse der Bewegung, auch dem übrigen von den Wänden entfernten Wasser mittheilen und steht somit die Verzögerung des Wassers, oder der Widerstand mit den Wänden in einem geraden Verhältnisse.

Ist in einem Flusse das Gefälle bei kleinem und bei großem Wasser dasselbe, so verhalten sich die mittlern Geschwindigkeiten bei verschiedenen Anschwellungen, wie die Quadratwurzeln aus den mittlern Tiefen. Dieses Gesetz ist aber nur vollkommen gültig, wenn man das Querprofil als ein Rechteck betrachten kann. Obgleich sich dieses bei größeren Flüssen, die ein sehr breites Bette haben, nicht wohl annehmen läßt, so kann man sich doch den Fluß der Länge nach in mehrere solche Theile zerlegt denken und bei der bestehenden Beweglichkeit aller Wassertheile annehmen, daß in jeder einzelnen Abtheilung der Widerstand der Grundfläche, welche von derselben Abtheilung berührt wird, dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sei, und daß sonach zur Ueberwindung dieses Widerstandes das nöthige Gefälle im geraden Verhältnisse des obigen Products und im umgekehrten der Querschnittsfläche stehen müsse.

Zur Bestimmung der mittlern Geschwindigkeit hat Eytelwein, unter Voraussetzung, daß Profil und Richtung des Stromes ungeändert bleibe, folgenden Ausdruck gefunden: bezeichnet s den Querschnitt, p den Umfang des Strombettes, α die Höhe und λ die Länge der schiefen Ebene, so ist

die mittlere Geschwindigkeit oder

$$c = 90{,}9 \sqrt{\frac{s}{p} \cdot \frac{\alpha}{\lambda}},$$

wo sich alle Größen auf rheinländisches Maß beziehen.

Wenngleich dieser Ausdruck zur Anwendung sehr bequem ist, so kann derselbe doch nur da stattfinden, wo das Wasser eine gleichförmige Bewegung angenommen hat; sobald aber das Profil sich ändert, womit auch gleichzeitig die

Bewegung sich ändert und somit eine ungleichförmige wird, oder wenn die Strombahn Krümmungen hat, so findet die Anwendung derselben nicht mehr Statt. Da aber in der Wirklichkeit die Flüsse selten und dann auch nur auf sehr kurzen Strecken ein regelmäßiges Bette haben, so läßt sich sonach der Ausdruck $90{,}9\sqrt{\frac{s}{p}.\frac{\alpha}{\lambda}}$ auch nur selten oder beinahe gar nicht zur Bestimmung der mittlern Geschwindigkeit des Wassers in einem Flusse anwenden.

Aus vielfachen genauen Beobachtungen über die verschiedenen Geschwindigkeiten in den Querschnitten eines Stromes hat sich nun ergeben, wie bereits auch schon oben angedeutet worden, daß die Geschwindigkeit an der Oberfläche etwas geringer als in einiger Tiefe, circa 1 Fuß unter der Oberfläche sei; ferner daß die Geschwindigkeiten von oben nach unten abnehmen, und daß für einerlei Verticallinie bei größern Geschwindigkeiten an der Oberfläche, die Abnahmen bei einerlei Tiefen größer sind, als bei kleinern Geschwindigkeiten.

Aus vielen angestellten Geschwindigkeitsmessungen hat nun Eytelwein gefunden, wenn c die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche, h die dazu gehörige verticale Wassertiefe, und v die mittlere Geschwindigkeit in dieser Tiefe bezeichnet,

daß sich die Geschwindigkeit des Wassers auf jeden Fuß Tiefe, um einen Theil $= 0{,}008.c$ vermindere, und daß sonach die Geschwindigkeit c auf die ganze Tiefe von h Fuß um $0{,}008h.c$ abnehme, und daher die Geschwindigkeit am Grundbette $= c - 0{,}008hc$ sei.

Aus der obern und der untern Geschwindigkeit findet man nun leicht die mittlere Geschwindigkeit oder

$$v = \frac{c + c - 0{,}008hc}{2} = c - 0{,}004h.c$$

$$\text{oder } v = c\,(1 - 0{,}004h),$$

wo sich alle Größen auf rheinländisches Maß beziehen.

Die hier gefundene mittlere Geschwindigkeit ist aber wohl zu unterscheiden von der mittlern Geschwindigkeit in einem Querprofile, indem erstere nur für die mittlere Geschwindigkeit in irgend einer verticalen Tiefe desselben, vom Wasserspiegel bis aufs Grundbette und somit nur für eine Linie gilt.

Da es nun nicht möglich ist, ohne bedeutende Fehler zu machen, in einem unregelmäßigen Flusse die abfließende Wassermenge nach dem oben angeführten Ausdruck $c = 90{,}9\sqrt{\frac{s}{p}.\frac{\alpha}{\lambda}}$ zu bestimmen, so bleibt nichts übrig, um die Formel $v = c\,(1 - 0{,}004.h)$ anwenden zu können, als daß man das Querprofil des Flusses durch verticale Linien in mehrere kleinere Theile zerlegt, in jedem derselben die Geschwindigkeit mißt, und darnach dann die mittlere Geschwindigkeit im Querprofile bestimmt, indem man die gefundenen mittlern Geschwindigkeiten addirt und durch die Zahl der Beobachtungen dividirt. Multiplicirt man dann die mittlere Geschwindigkeit mit dem Flächeninhalt des Querprofils, so erhält man die Wassermenge, welche in einer Secunde durch das beobachtete Profil fließt. Man kann übrigens auch die in jeder Abtheilung

gefundene mittlere Geschwindigkeit mit dem Inhalt der Abtheilung selbst multipliciren und hernach die sämmtlichen Producte addiren, wodurch man ebenfalls die durchfließende Wassermenge erhält. S. w. §. 10.

Um aber diese Geschwindigkeitsmessungen vornehmen zu können, muß man von der zu untersuchenden Stromstrecke eine vollständige Karte mit den nöthigen Querprofilen aufnehmen. Die verschiedenen Geschwindigkeiten werden durch Apparate ausgemittelt, die man Stromgeschwindigkeitsmesser nennt. Ueber die Aufnahme der Stromkarte und die nähere Beschreibung der Geschwindigkeitsmesser soll in den beiden folgenden Paragraphen das Weitere folgen.

Ehe wir jedoch diesen Paragraphen schließen, sollen noch die Resultate der von du Buat angestellten Versuche über den Widerstand, welchen die verschiedenen Materialien in einem Flusse dem Wasser leisten, mitgetheilt werden. Es geht daraus hervor:

1) Daß brauner Töpferthon der Wirkung des Wassers in einem Flusse nur dann widersteht, wenn die Geschwindigkeit am Boden etwa drei Zoll und jene auf der Oberfläche gegen acht Zoll beträgt.
2) Feiner Sand widersteht nur einer Geschwindigkeit am Boden von sechs Zoll und auf der Oberfläche von zwölf Zoll.
3) Grober und eckiger Sand kommt in den Beharrungsstand, wenn die Geschwindigkeit am Boden geringer als acht Zoll ist.
4) Abgerundete Kieselsteine von einem Zoll im Durchmesser widerstehen einer Geschwindigkeit von vierundzwanzig Zoll.
5) Eckige Feuersteine von der Größe eines Eies widerstehen einer Geschwindigkeit von sechsunddreißig Zoll.

§. 9. Von der Messung und Verzeichnung der Flußprofile.

Wie schon oben angedeutet wurde, ist der Baumeister bei Aufführung eines Brückenbaues manchmal genöthigt, das Flußbett bis zu einer gewissen Entfernung ober- und unterhalb des Bauwerks zu corrigiren. Dieses kann aber nur dann wirksam geschehen, wenn zunächst eine vollständige und genaue Karte dieser Flußstrecke aufgenommen ist. In der geometrischen Aufnahme einer solchen Flußkarte müssen nicht nur die Flußbahn, sondern auch die Ufer, welche bei Hochgewässer überströmt werden, so wie alle Einbaue und sonstige dem Strome entgegenstehende Hindernisse dargestellt werden. Die Begrenzungslinien der Strombahn müssen nach einem bestimmten Wasserstande und zwar nach dem mittlern Wasserstande verzeichnet werden. Den Maßstab hierzu muß man so groß wählen, daß auch kleine Gegenstände deutlich dargestellt werden können.

Für die Aufnahme eines Längenprofils müssen mehrere Querprofile gemessen werden. Diese letztern sind auch außerdem deshalb erforderlich, um die durchfließende Wassermenge bestimmen zu können.

Die Messung der Querprofile läßt sich auf folgende Weise ausführen.

Bei kleinern Flüssen wird das Querprofil gemessen, indem man senkrecht auf dessen Richtung am Ufer beiderseits einige Stangen im Allignement einsetzt, und die Entfernungen vom Ufer mit einer Stange, Kette oder getheerten

Schnur mißt. Die Tiefen werden aber mit einer Sondirstange gemessen, an deren unterem Ende ein rundes Brett von einigen Zollen und bei tieferen Flüssen von einem Fuß im Durchmesser befestigt ist. Dieses letztere ist vorzüglich bei denjenigen Flüssen nothwendig, deren Grundbette sandig oder überhaupt weich ist.

Ist der Fluß sehr breit so kann man sich dieser Verfahrungsweise nicht mehr bedienen; man verfährt dann folgendermaßen:

Man steckt (Fig. 11) an beiden Ufern einige Stangen in einer geraden Linie und in einer senkrechten Richtung AC auf den Fluß ein; stellt alsdann in B einen Meßtisch auf, zieht die Linie Bc, mißt und trägt die Standlinie BF auf, die wenigstens so groß als die Breite des Flusses sein muß. Wird nun der Meßtisch in F aufgestellt, so läßt sich nach gehöriger Einrichtung desselben sogleich die ganze Breite AC des Flusses bestimmen. Nun fährt ein Anderer mit einem Schiffe oberhalb der Linie AC und mißt auf dieser Linie in gewissen Entfernungen vom Ufer die verschiedenen Tiefen. Die Stellen, wo jedesmal eine Tiefe gemessen ist, werden mittelst eines Diopterlineals auf dem Meßtisch bezeichnet und mit der gleichen Nummer wird die mit der Stange gemessene Tiefe bezeichnet. Ist dieses geschehen, so fährt der im Schiffe Befindliche wieder stromauf- oder abwärts und mißt auf gleiche Weise in einer andern Abtheilung die verschiedenen Tiefen, deren Stellen auf dem Meßtische auf dieselbe Weise bestimmt werden.

Um nun das Profil aufzutragen, werden entweder sogleich auf dem Meßtische oder auf einem andern Blatte die Breiten, welche durch die Durchschnitte bestimmt wurden und die zugehörigen Tiefen aufgetragen und die Endpunkte der Tiefen mit einander verbunden. Weil die Tiefen aber im Verhältniß der Breite nur immer unbedeutend sind, so pflegt man bei dem Auftragen eines solchen Profils immer zweierlei Maße anzunehmen und zwar die Tiefen zehn- bis zwanzigmal so groß als die Breiten des Profils zu verzeichnen.

Der Flächeninhalt des auf solche Art aufgetragenen Flußprofils läßt sich einfach nach den Regeln der ebenen Geometrie berechnen. Der Umfang wird entweder berechnet oder es läßt sich derselbe auch mit dem Zirkel abnehmen. Bei diesen Profilmessungen muß man die Tiefen so nahe beisammen messen, daß zwischen denselben keine bedeutende Unebenheit stattfindet und man daher von einem Endpunkte einer aufgetragenen Tiefe bis zu dem einer andern zunächst folgenden eine gerade Linie wirklich ziehen kann. Ueberhaupt, je kleiner die Theile von AC sind, je genauer wird das Profil.

Um das Querprofil eines Flusses aufzunehmen, kann man noch auf folgende ebenfalls sehr einfache Art verfahren.

Man stecke eine Linie AC Fig. 12 ebenfalls in einer senkrechten Richtung auf den Fluß ab und theile deren Länge in eine gewisse Anzahl von Meßpunkten. Senkrecht auf die Linie AC stecke man längs dem Ufer die beiden Parallelen AD und BE. Alsdann theile man BE in so viele gleiche Theile wie AC in Meßpunkte, visire dann von E nach C und richte den Punkt D ein. Von dem Punkte D aus werden nun auf DA die gleichen Theile der Linie BE abgetragen und von d nach d' und d'', von e nach e' und e'' u. s. w. abvisirt; bei den Punkten d'', e'' u. s. w. werden dann die verschiedenen Tiefen

gemessen. Später kann man sich dann, da die Linien AD, BE und AB, so wie die Theile der Linie BE und eben so auch der Winkel CDA genau zu messen sind, die Figur vollständig aufs Papier abtragen, wodurch man leicht die Entfernungen der Punkte d″, e″ u. s. w. erhält; man findet dieselben auch eben so leicht durch Rechnung. Es versteht sich von selbst, daß man die Linien BE und AD auf derjenigen Seite des Flusses wählen muß, wo man die dahin gesteckten Stäbe vom Flusse aus am besten sehen kann.

Hat der Fluß nur eine geringe Geschwindigkeit, so kann man bequem an der Linie AC hinrudern und sondiren; strömt er aber schneller, so wirft man an einer, einige hundert Fuß langen starken Leine, die auf einem kleinen mit einer Gabel versehenen Fahrzeuge, oder auf einer leeren Tonne ruht, einen Anker in F; wenn dagegen der Fluß zu breit ist, nach und nach in mehreren Punkten in der Breite desselben, und läßt das Boot, welches den Beobachter trägt, längs der Linie AC hintreiben, man wird dann ebenfalls die Sondirung vornehmen können.

Zum Messen der Tiefen oder zum Peilen kann man sich eines Senkbleies an einem Faden bedienen. Da aber der Faden desselben sich nach dem Strome biegt und daher alle Tiefen jedesmal zu groß angiebt, so ist diese Art der Messung zu verwerfen. Sicherere Resultate erlangt man durch Messungen mit sogenannten Peilstangen. Diese Stangen erhalten eine Länge von 10 bis zu 40 Fuß und darüber, und werden in Fuße und Zolle eingetheilt, welche Maße durch genügend markirende Farben angedeutet werden. Damit die Stange untergetaucht und bis an den Boden gebracht werden kann, wird sie unten mit so viel Eisen beschlagen, daß sie etwas schwerer, als das Wasser wird. Der Beschlag ist unten platt einzurichten und mit einer bis circa 1 Fuß im Durchmesser haltenden Scheibe zu versehen, damit beim Eintauchen dieselbe nicht in den Boden eindringt, wodurch man sonst auch wieder zu bedeutende Resultate erhalten würde. Bei längern Peilstangen wird am untern Ende ferner noch ein Ring angeordnet, an den eine dünne Leine geknüpft wird, um die Stange leichter wieder heben zu können.

Bei den Tiefenmessungen müssen zugleich die Stoffe, welche der Fluß mit sich führt, untersucht werden, da dieselben einen wesentlichen Einfluß auf die Beschaffenheit und auf die Wirkungen des Flusses haben. Denn sind diese Stoffe fein und in großer Menge vorhanden, so werden dadurch die Flußbetten um so schneller und häufiger verändert. Wie diese Untersuchungen auszuführen sind, davon ist weiter oben gesprochen.

Hat man nun die verschiedenen Querprofile aufgenommen, so wird in der Stromkarte der Stromstrich durch eine punktirte Linie angegeben und darnach das Längenprofil aufgetragen.

§. 10. Von der Messung der Geschwindigkeit.

Da, wie schon in §. 8 angeführt, in einem unregelmäßigen Flusse die Geschwindigkeit nach der allgemeinen Formel $c = 90{,}9\sqrt{\frac{s}{p}\,\frac{\alpha}{\lambda}}$ nicht zu be-

stimmen ist, so bleibt nichts übrig, als mit Hülfe eines brauchbaren Stromgeschwindigkeitsmessers die einzelnen Geschwindigkeiten eines Querprofils auszumitteln, und darnach alsdann die Wassermenge zu bestimmen. Wollte man nun die verschiedenen Geschwindigkeiten in jeder Tiefe messen und daraus die mittlere Geschwindigkeit bestimmen, so würde dieses auch wieder große Schwierigkeiten hervorrufen; daher begnügt man sich damit, an verschiedenen Stellen eines Querprofils die Geschwindigkeiten an der Oberfläche des Wassers zu messen und mit Hülfe des Ausdrucks $v = c(1 - 0{,}004\,h)$ die mittleren Geschwindigkeiten zu bestimmen.

Um nun die Wassermenge eines Flusses zu bestimmen, wird es erforderlich, daß man hierzu eine solche Stelle des Flusses wähle, wo die Ufer in ziemlich paralleler Richtung sind und das Bette selbst fest und nicht sehr uneben ist, und wo man daher eine gleichförmige Bewegung des Wassers voraussetzen kann.

Man nimmt an dieser Stelle, in einer auf die Richtung des Stromes senkrechten Fläche, ein Querprofil auf, mißt an verschiedenen Stellen dieses Querprofils die Tiefen, wie bereits oben angeführt wurde, und zugleich die dazu gehörigen Geschwindigkeiten an der Oberfläche bei C, D, E, F, G, H und I Fig. 13, bestimmt nun nach obigem Ausdruck die mittlere Geschwindigkeit für jeden verticalen Streifen, und hieraus kann dann, indem man diese Geschwindigkeitsgröße mit dem Inhalt des zugehörigen verticalen Streifens multiplicirt, die Wassermenge gefunden werden, die während einer bestimmten Zeit abfließt.

Sind z. B. bei einer Ausmessung die Weiten $AC = 4$, $CD = 8$, $DE = 8$, $EF = 8$, $FG = 8$, $GH = 8$, $HI = 8$ und $IB = 4$ Ruthen und die Tiefen $CK = 4$ Fuß, $DL = 8$, $EM = 10$, $FN = 12$, $GO = 13{,}5$, $HP = 9$ und $IQ = 5$ Fuß gefunden; sind ferner die Geschwindigkeiten an der Oberfläche bei $C = 1{,}5$; bei $D = 1{,}8$; bei $E = 2{,}1$; bei $F = 3$; bei $G = 3{,}1$; bei $H = 2{,}9$ und bei $I = 1{,}7$ Fuß beobachtet, so findet man die mittlere Geschwindigkeit hieraus

für die Verticale in $C = 1{,}5\,(1 - 0{,}004.4) = 1{,}476$ Fuß;
für die Verticale in $D = 1{,}8\,(1 - 0{,}004.8) = 1{,}7424$ Fuß;
für die Verticale in $E = 2{,}1\,(1 - 0{,}004.10) = 2{,}016$ Fuß;
für die Verticale in $F = 3\,(1 - 0{,}004.12) = 2{,}856$ Fuß;
für die Verticale in $G = 3{,}1\,(1 - 0{,}004.13{,}5) = 2{,}9326$ Fuß;
für die Verticale in $H = 2{,}9\,(1 - 0{,}004.9) = 2{,}7956$ Fuß;
für die Verticale in $I = 1{,}7\,(1 - 0{,}004.5) = 1{,}666$ Fuß.

Theilt man nun die Weiten CD, DE, EF, FG, GH u. s. w. durch c, d, e, f, g, h u. s. w. in gleiche Theile und zieht die Verticallinien ck, dl, em, fo, gp u. s. w., so hat man nur den Inhalt jeder Fläche Ack, ckdl, dlem, emfo, fogp u. s. w. mit der jedesmaligen zugehörigen mittleren Geschwindigkeit zu multipliciren, und es giebt dann die Summe sämmtlicher Producte die gesuchte Wassermenge.

Nachdem hier nun die Methode ausführlich angegeben ist, die Wassermenge zu berechnen, wollen wir jetzt zur nähern Beschreibung derjenigen Instrumente übergehen, welcher man sich zur Messung der Geschwindigkeit des Wassers bedient.

Die einfachste Methode, die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche zu bestimmen, besteht in dem Gebrauch einer hohlen Kugel. Um die Geschwin-

digkeit durch diese Kugel zu bestimmen, wird die Entfernung zweier Querschnitte von einander genau gemessen und die Querschnitte selbst durch mehrere eingesteckte Stangen bezeichnet; hierauf wird die Kugel eine Strecke oberhalb des ersten Profils in das Wasser geworfen, damit sie, wenn sie in das abgesteckte Profil gelangt, bereits die Geschwindigkeit des Wassers im Flusse angenommen hat. Man beobachtet nun die Zeit an einer Secundenuhr, wann die Kugel durch das erste Profil und wann sie durch das zweite Profil geschwommen ist. Der Unterschied dieser Zeiten giebt die Dauer der Bewegung durch den abgesteckten Raum, woraus sich die Geschwindigkeit bestimmen läßt. Die hierzu benutzte Kugel, welche mit einer dicht zu verschließenden Oeffnung versehen wird, erhält einen Durchmesser von circa 10 bis 15 Zoll und wird innerhalb so lange mit Schrotkörnern oder Wasser beschwert, bis sie etwa 2 bis 3 Zoll über das Wasser noch hervorragt.

Diese Versuche müssen, wenn man genügend sichere Resultate erlangen will, mehrere Male wiederholt und dann auch nur bei stillem Wetter angestellt werden, wo kein Wind die Oberfläche des Wassers bewegt.

Ein zur Messung der Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche dienendes Instrument ist der Stromquadrant oder das hydrometrische Pendel, s. Fig. 14. Dieses Instrument besteht aus einem in 90 Grad getheilten Quadranten AB, in dessen Mittelpunkt C ein feiner mit Wachs bestrichener Faden befestigt ist, an welchem sich in D eine Kugel befindet, die ein größeres specifisches Gewicht als das Wasser hat. Um dem Quadranten die verticale Stellung zu geben, dient das kleine Loth Cb, welches auf 0 Grad einspielen muß. Hängt die Kugel D nun in fließendem Wasser, so wird sie von der lothrechten Linie Cb abweichen und durch den Strom um irgend einen Winkel bCD fortgestoßen werden.

Bezeichnet man nun den Winkel bCD durch α und ist dann das Gewicht der Kugel im Wasser $= g$, so findet man die Kraft, welche die Kugel forttreibt $= g \operatorname{tg} \alpha$; denn stellt pr das lineare Gewicht der Kugel und ps die Kraft des Wassers vor, so ist

$$pr : ps = 1 : \tang \alpha \text{ und}$$
$$\text{hieraus } ps = pr \tang \alpha.$$

Setzt man nun für den Winkel α die Geschwindigkeit des Wassers $= c$, und für einen andern Winkel $\alpha' = c'$, so erhält man, da die Kräfte des stoßenden Wassers bei verschiedenen Geschwindigkeiten sich sehr nahe wie die Quadrate derselben verhalten,

$$c^2 : c'^2 = g \tang \alpha : g \tang \alpha' = \tang \alpha : \tang \alpha'$$
$$\text{oder } c : c' = \sqrt{\tang \alpha} : \sqrt{\tang \alpha'},$$

d. h. die verschiedenen Geschwindigkeiten des Wassers verhalten sich wie die Quadratwurzeln von den Tangenten der Neigungswinkel bei einerlei Stromquadrant.

Ist daher für eine bestimmte Kugel der Neigungswinkel α mit der zugehörigen Geschwindigkeit bekannt, so kann man mittelst dieser Formel für jeden andern Neigungswinkel die dazu gehörige Geschwindigkeit ermitteln.

(Mehrere Bemerkungen über dieses Instrument findet man in Eytelwein's Abhandlung: Versuche mit dem Stromquadranten u. s. w., in der Sammlung die Baukunst betreffend, Jahrgang 1799, erster Band, so wie ferner in v. Gerstner's Bemerkungen über das hydrometrische Pendel, Prag 1819 und in Gerstner's Handbuch der Mechanik, zweiter Band.)

Der Geschwindigkeitsmesser von Brünings oder Tachometer, Fig. 15, Taf. 1, ist so eingerichtet, daß eine Tafel C senkrecht von dem Strome nach der Richtung CD fortgestoßen wird.

Am Ende der dünnen Stange CD, woran die Tafel befestigt ist, geht von D ein dünner Faden über die Rolle E bis an den Hebelarm bei F, an dessen entgegengesetztem Arme ein Gewicht G dem Stoße des Wassers das Gleichgewicht hält.

Dieses Instrument hat den wesentlichen Vortheil, daß man die Geschwindigkeit des Wassers in jeder Tiefe messen kann, daß hierbei die Tafel dem Stoße des Wassers genau winkelrecht entgegensteht, und daß der Pfahl AB endlich hierbei durchaus keinen Einfluß ausübt. Eine genaue Beschreibung und Gebrauchsanweisung dieses Instruments findet man in Wiebeking's Wasserbaukunst, Band I., S. 187 u. w., und müssen wir diejenigen, die sich darüber näher unterrichten wollen, darauf verweisen.

Ein anderes Instrument zur Messung der Geschwindigkeit des Stromes ist der hydrometrische Flügel, den man gewöhnlich nach seinem Erfinder den Woltmann'schen Flügel nennt. Derselbe gründet sich darauf, daß der Strom zwei kleine Flügel CD, Fig. 16, auf eine ähnliche Art wie die Luft die Windmühlenflügel, umtreibt.

Die Achse AB dieses Instruments ist in der Mitte mit einer Schraube ohne Ende versehen. Am vordern Ende hat sie einen Einschnitt oder dünnen Hals, der in einer messingenen Gabel auf dem Arm des Gestelles umläuft und durch eine vorgelegte Platte a, die durch eine Schraube befestigt ist, am Herausfallen gehindert wird. Das Ende B ist mit einer kegelförmigen Spitze versehen, die in einer messingenen Oeffnung in einem Arm des Gestells sich bewegt. Diese Achse AB hat an ihrem vordern Ende zwei stählerne Ruthen. An jeder Ruthe ist eine dünne Flügelplatte (C, D) von polirtem Stahle befestigt, und zwar so, daß die Ebenen dieser Flügelplatten gegen AB eine schiefe Lage haben, wie in Fig. 16 α deutlich zu ersehen ist.

Der Rahmen EF ist von Eisen; darin ist ein gezahntes messingenes Rad eingerichtet, welches mit zwei dünnen stählernen Zapfen in messingenen Büchsen umlaufen kann. Das Rad hat 100 numerirte Zähne. Bei E ist der Rahmen mit dem Gestelle durch einen Zapfen verbunden. Durch die in F befestigte Schnur kann man den Rahmen EF, der sich bei F um einen festen Zapfen dreht, in die Höhe ziehen und somit das Rad beliebig in die auf der Achse AB befindlichen Schraubengänge eingreifen lassen und durch Loslassen der Schnur wieder gegen einen besondern Zahn feststellen. Dieser letzte Zahn dient zugleich als Zeiger, um die Bewegung zu messen, welche das Rädchen in der Zeit, wo es in die Schraube eingriff, gemacht hat. Jeder einzelne Zahn entspricht einer Umdrehung der Schraube oder der Flügelwelle. Um zu vermeiden,

daß beim Anziehen der Schnur die Reibung zwischen der Schraube und dem Rade nicht zu groß, und dadurch ein Verbiegen der Theile oder gar ein Stillstand des Instruments veranlaßt werde, ist die Einrichtung so zu treffen, daß der Rahmen, worin das Rad sitzt, nur bis zu einer bestimmten Höhe gehoben werden kann, welches hier durch den aufgeschrobenen mit einem Einschnitte versehenen Riegel r hergestellt ist.

Damit das Instrument an irgend einem runden Stabe befestigt werden kann, ist das Gestell selbst mit einem Ansatz versehen, in welchem eine passende Oeffnung b sich befindet, durch welche der Stab gesteckt und mittelst einer Schraube oder einer andern Vorrichtung befestigt werden kann.

Der Gebrauch dieses Flügels ist folgender:

Man stellt das Rädchen so ein, daß der feste Zahn auf den mit Null oder in der vorliegenden Figur mit 20 bezeichneten Punkt trifft. Eine Feder unter dem Rädchen drückt den kleinen Rahmen, worin das gezahnte Rad befestigt ist, herab, so daß es sich ohne äußere Veranlassung nicht lösen kann. Stellt man nun das Instrument an der gewählten Stelle in der beliebigen Tiefe auf, so wird der Flügel zwar, sobald er in den Strom eintaucht, gedreht, ohne jedoch das Rad in Bewegung zu setzen; zieht man aber dann vermittelst der Schnur den Rahmen in die Höhe, so verläßt das Rad augenblicklich den festen Zahn und greift nunmehr in das Schraubengewinde, durch welches es bei jeder Umdrehung um einen Zahn sich weiter dreht. Ist die bestimmte Beobachtungszeit, etwa eine Minute, verflossen, welche Zeit übrigens nach einer Secundenuhr zu bestimmen ist, so läßt man den Rahmen mit dem Rade senken, wodurch letzteres sofort wieder in den festen Zahn eingreift und in dieser Stellung erhalten wird. Bei Herausnahme des Instruments kann man dann aus der Stellung des Rades die Anzahl der Umdrehungen der Welle entnehmen, welche sie während der bestimmten Zeit gemacht hat. Kennt man nun den Werth der einzelnen Umdrehung, so findet man leicht daraus die Länge der Wassersäule, die während derselben Zeit vorübergezogen ist.

Wenngleich dieses Instrument wegen seiner großen Brauchbarkeit vielfache Anwendung gefunden hat, so wollen wir uns dennoch nur auf das darüber Angeführte beschränken, und verweisen zur nähern Kenntnißnahme auf die Schrift: „Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels von R. Woltmann, Hamburg 1790.“

Ein ziemlich einfaches Instrument, die Geschwindigkeit des Stromes zu messen, ist von Gauthey erfunden und in Fig. 17, Taf. 1, näher mitgetheilt. Hierbei wird die Geschwindigkeit durch den Stoß auf eine kleine Fläche angegeben. Das Instrument ist folgendermaßen construirt:*)

Eine circa 6 Zoll breite und 3 Zoll hohe blecherne Tafel a ist an einer 3 Fuß 7 Zoll langen, wie ein Messer abgeschärften eisernen Stange b befestigt. Diese Stange hat bei d ein $1\frac{1}{2}$ Zoll weites Loch und ist oben bei c in entgegengesetzter Richtung abgeplattet, wo sie ein längliches Loch hat. Die Stange b mit der Schaufel muß im Mittelpunkt des Loches bei d ihren Schwerpunkt haben.

*) Practische Darstellung der Brückenbaukunde von Röder.

Der obere Theil des Instruments besteht aus einer Handhabe df, die bei d gespalten und mittelst eines angeschraubten Zapfens mit der Stange b so verbunden ist, daß beide Theile sich sehr leicht um den Zapfen bewegen lassen. Diese Handhabe erhält eine Länge von 2 Fuß 2 Zoll. An derselben ist ein eiserner Gradbogen n befestigt, dessen Mittelpunkt in der Mitte des Zapfens bei d liegt; ferner ein eben so gebogener etwa 2‴ dicker messingener Draht. Auf dem Bogen sind die Grade gezeichnet, welche der Stoß des Wassers auf die Schaufel äußert. In h ist eine Stahlfeder k befestigt, die oben den Ring i berührt, so daß man diese Feder, durch die Bewegung des Stiels, um den Punkt d spannen kann. gf ist ein hölzerner Handgriff.

Um den Gradbogen einzutheilen, bedarf man folgender nach Belidor berechneten Tabelle über die Verhältnisse des Stoßes zu den Geschwindigkeiten auf eine Fläche von 6″ 2‴ Breite und 3″ 1‴ Höhe.

Geschwindigkeit.	Stoß.	Geschwindigkeit.	Stoß.	Geschwindigkeit.	Stoß.
Fuß.	Pfunde.	Fuß.	Pfunde.	Fuß.	Pfunde.
0,258	0,0075	2,328	0,7155	4,395	2,6803
0,516	0,0353	2,586	0,8858	4,653	2,9074
0,777	0,0782	2,844	1,0675	4,911	3,1989
1,035	0,1413	3,105	1,2720	5,172	3,5435
1,293	0,2424	3,363	1,4991	5,429	3,9068
1,551	0,2449	3,621	1,7339	5,688	4,4217
1,805	0,4088	3,879	1,9988	5,946	4,6911
2,070	0,5654	4,137	2,2865	6,207	5,1031

Um die Grade auf dem Bogen zu bestimmen, befestigt man den Handgriff in wagerechter Stellung in einen Schraubstock, bringt einen dünnen Bindfaden, welcher über eine Rolle läuft, an der Schaufel an, und hängt einen leichten Beutel an den Faden. Der Beutel wird nun nach und nach, nach den in der Tabelle enthaltenen Gewichten, mit Sand gefüllt, wodurch die Feder gespannt wird und man die Linien an dem Gradbogen verzeichnen und das Instrument vollenden kann. Der Messingdraht o dient theils zum Festhalten des Gradbogens, theils aber auch um darüber ein Läppchen zu hängen, welches gegen o hingeschoben die größte Oscillation bezeichnet; gegen p hin muß der Beobachter sie mit dem Augenmaße auffassen, um aus beiden das Mittel nehmen zu können.

Beim Gebrauch faßt man den Griff mit einer, die Stange b mit der andern Hand, taucht den Stiel senkrecht in das Wasser und läßt ihn, um allzu heftige Oscillationen zu vermeiden, allmälig los, wo er dann vom Wasser ergriffen wird und auf dem Gradbogen alsdann die Grade abzulesen sind.

Um die Geschwindigkeit des Wassers im Mittel der verschiedenen Tiefen zu bestimmen, d. h. die mittlere Geschwindigkeit an einem bestimmten Orte einer Flußstrecke zu finden, dient der Stab des Cabeo. Es ist dies ein hölzerner Stab oder auch eine blecherne Röhre, die an ihrem untern Theile

durch hineingeworfenen Sand oder andere Körper beschwert wird, damit sie bei der Einsenkung in ein ruhiges Wasser die senkrechte Richtung annimmt und in jener Tiefe stehen bleibt, bis zu welcher man die Geschwindigkeit in dem Flusse messen will. Läßt man nun eine solche Röhre oder einen an seinem Ende beschwerten Stab bis beinahe am Boden des Flusses im Wasser gehen, so ist offenbar, daß sich derselbe mit der mittleren Geschwindigkeit des Wassers fortbewegen werde.

Diese Methode, die Geschwindigkeit zu messen, ist aber mit mehreren Unbequemlichkeiten verbunden. Da nämlich die Stäbe so viel als möglich nahe am Boden gehen müssen, um wirklich die mittlere Geschwindigkeit des Wassers auf der ganzen Tiefe anzuzeigen, so bleiben dieselben leicht an den Steinen, Wurzeln und andern im Flusse liegenden Gegenständen hängen; ferner aber bewegen sich die Stäbe mit dem übrigen Wasser gewöhnlich gegen die Mitte oder den Stromstrich des Flusses und man kann daher seitwärts nur für kurze Entfernungen die Geschwindigkeit messen.

Es giebt, um die Geschwindigkeit des Wassers zu messen, noch mehrere Instrumente, deren hier aber keiner weiteren Erwähnung geschehen soll.

Von den bisher angegebenen Geschwindigkeitsmessern ist jedenfalls der in Fig. 17, Taf. 1, dargestellte in sofern den andern vorzuziehen, weil derselbe einmal einfacher zu handhaben ist und ferner bei einem nach obiger Tabelle angefertigten Gradbogen die Geschwindigkeit mit genügender Genauigkeit für unsere Zwecke direct angiebt. Bei größern und genauern Strommessungen ist jedoch immer dem hydrometrischen Flügel der Vorzug zu geben.

§. 11. Von der Lage der Brückenstelle.

Meistentheils ist die Lage der Brückenstelle schon durch vorhandene Straßen und Wege in Städten und Dörfern oder durch vorhandene Chausseen bestimmt, so daß nichts übrig bleibt, als die vorkommenden Hindernisse reiflich zu erwägen und durch zweckmäßig angewandte Mittel zu beseitigen. Hat man aber freie Wahl der Brückenstelle, was jedoch nicht oft vorkommt, so sind dabei dennoch mancherlei Erfordernisse zu beachten, die übrigens auch eben so bei denjenigen Brücken berücksichtigt werden müssen, die keine freie Wahl der Baustelle mehr zulassen.

Zu diesen allgemeinen Erfordernissen einer Brücke gehören namentlich folgende:

1) Die Brücke muß zu keiner schädlichen Anschwellung des durchströmenden Wassers Veranlassung geben, indem dadurch nicht allein die Gegenden oberhalb der Brücke Schaden leiden, sondern auch die Fundamente der Brücke selbst unterwaschen und somit zum Einsturz gebracht werden können.

2) Standfestigkeit, Dauerhaftigkeit und Wohlfeilheit, welche letztere sich nur dadurch erreichen läßt, daß keine unnütze Verschwendung von Material stattfindet.

3) Die Fundamente und die Brückenpfeiler müssen nicht allein dem strömenden Wasser, sondern auch den vorkommenden Eisgängen widerstehen können.

4) Die Lage der Brücke muß der Art sein, daß keine steilen Auffahrten und hohe Dämme erforderlich sind, wodurch nicht nur große Unbequemlichkeit, sondern auch selbst Gefahr für die Fuhrwerke entstehen kann.

5) Die einzelnen Theile des Brückenkörpers müssen so mit und unter einander verbunden sein, daß ohne zu große Schwierigkeit schadhaft gewordene Theile weggenommen und durch neue ersetzt werden können.

6) Die Brücke muß eine solche Breite erhalten, welche im Verhältniß zu ihrer Frequenz steht.

Eine der wichtigsten und schwierigsten Forderungen beim Brückenbau ist die oben zuerst genannte, daß die Brücke zu keiner schädlichen Anschwellung des durchströmenden Wassers Veranlassung gebe. Von der genügenden Lösung dieser Forderung ist die Standhaftigkeit der Brücke in einem sehr hohen Grade abhängig. Denn wird auch die Brücke mit der größten Solidität ausgeführt, dagegen durch die Brücke selbst das Profil des Flusses bedeutend eingeengt, so entsteht ein Aufstau des Wassers, in Folge dessen auch an dieser Stelle eine heftigere Strömung eintritt, wodurch aber das Bette des Flusses, sobald es aus losem Material und nicht aus Felsboden besteht, angegriffen und vertieft wird und die Fundamente der Brücke sehr leicht unterwaschen und zum Einsturz gebracht werden können. Aber selbst auch wenn der Grund aus Felsen besteht, kann eine sehr heftige Strömung schaden. Tritt hier nun auch nicht augenblicklich die schädliche Wirkung ein, so kann man dennoch sicher sein, daß diese nach einer gewissen Zeit sich jedenfalls einstellen wird, wie durch die Erfahrung auch schon mannigfach bewiesen ist.

Zuweilen ist es jedoch rathsam, wenn der Fluß bei Hochwasser langsam fließt und das Flußbett für das gewöhnliche Wasser allzuweit ist, das Profil des Flusses etwas zu verengern und somit eine Stauung hervorzubringen, damit das Bette sich nicht hier und da versanden und der Hauptstromstrich sich nicht auf einen oder den andern Pfeiler werfen und denselben beschädigen kann.

Was die Standfestigkeit und Dauerhaftigkeit einer Brücke betrifft, so haben wir gesehen, daß diese zum großen Theil von der genügenden Lösung der ersten Forderung mit abhängig ist; anderntheils hängt sie aber auch in einem sehr hohen Grade von der Ausführung und den zu wählenden Materialien, so wie von der Herstellung der Fundamente ab.

Fließt der Fluß an einer Stelle zwischen hohen Ufern auch bei dem höchsten Wasserstande im Beharrungsstande, oder läßt er sich durch Correctionen dahin bringen, so ist diese Stelle jedenfalls sehr geeignet für die Lage der Brückenstelle.

Möglichst zu vermeiden sind dagegen für die Herstellung einer Brücke solche Stellen eines Flusses, wo sich das Wasser nur beim mittleren Wasserstande innerhalb des Flußbettes hält, dagegen bei Hochwasser über die Ufer austritt und die Gegend überschwemmt. In diesem Falle ist alsdann entweder die Brücke nicht zu befahren und noch weniger gangbar für Fußgänger, oder ihr Bau wird durch die erforderliche Länge nicht allein anfänglich sehr vertheuert, sondern es ist auch alsdann dieserhalb ihre Unterhaltung kostbarer.

Was die Richtung der Brücke betrifft, so sucht man dieselbe immer senkrecht auf die Richtung der Flußbahn zu stellen, wodurch nicht allein die Aus-

führung vereinfacht, sondern auch jedenfalls an Material gespart wird. Wo dieses aber nicht möglich ist und man durch die Richtung der Straße gezwungen wird, der Brücke eine gegen die Richtung der Flußbahn schiefe Lage zu geben, muß man die Einrichtung so treffen, daß bei einer möglichsten Ersparung an Material dennoch die größte Solidität der Brücke erhalten wird.

Ueber diese verschiedenen hier nur im Allgemeinen angedeuteten Punkte wird in dem nächsten Capitel und weiter unten das noch Erforderliche angeführt.

Zweites Capitel.

Von den Eigenschaften der zum Brückenbau zu verwendenden Materialien und von der Wahl derselben.

---

§. 12. Einleitung.

Um die zum Brückenbau am tauglichsten zu verwendenden Materialien wählen und ein richtiges oder doch genügendes Urtheil über die Stärke derselben, so wie auch über ihre Dauer fällen zu können, muß man zunächst die Eigenschaften derselben kennen. Da es aber zu weit führen und der Umfang dieses Werks unnöthig vergrößert werden würde, wenn wir hier chemische und mineralogische Untersuchungen über die Beschaffenheit der Baumaterialien anstellten, so wollen wir uns damit begnügen, die Materialien nach ihren äußern Kennzeichen zu beurtheilen, und dadurch dem angehenden Hydrotecten eine Anleitung zu geben, eine richtige und zweckmäßige Auswahl der Baumaterialien treffen zu können.

Diejenigen Materialien, welche hauptsächlich zum Brücken- und Wasserbau, so weit derselbe hier abgehandelt wird, angewendet werden, sind:

Steine, Holz, Kalk, Sand und Eisen.

In den folgenden Paragraphen sollen diese Materialien einzeln besprochen werden.

§. 13. Von den Steinen.

Man verwendet zum Wasserbau sowohl natürliche, als auch künstlich dargestellte Steine.

Die natürlichen Steine sind solche, die in ihrem natürlichen Zustande, ohne Veränderung ihrer Bestandtheile benutzt und nur äußerlich nach der bestimmten Form bearbeitet werden.

Die künstlichen Steine dagegen werden aus geweichtem Lehm oder Thon geformt und durch unmittelbare Einwirkung des Feuers gebrannt und heißen, je nachdem sie stark oder weniger stark ausgebrannt sind, „Klinker oder Ziegelsteine."

§. 14. Von den natürlichen (gewachsenen) Steinen.

Die am meisten vorkommenden natürlichen oder gewachsenen Steine sind natürliche Verbindungen von zwei, drei oder vier Erdarten. Fast alle bestehen aus Kieselerde, Thonerde, Kalkerde und Talkerde, welche entweder zwei zu zwei, drei zu drei, vier zu vier chemisch mit einander verbunden sind. Häufig enthalten sie noch andere erdige Körper beigemengt und gemeiniglich auch kleine Beimischungen von Metalloxyden, wovon gewöhnlich ihre Farbe herrührt. Diese beigemischten Metalloxyde sind vorzüglich Eisen- und Manganoxyd. Die Kieselerde, Thonerde, Kalkerde und Talkerde kommen am häufigsten und reichlichsten in den sogenannten gemischten Steinen vor, welche die Gebirge und Felsen zusammensetzen. Und diese stellen Verbindungen dar, die nach Verschiedenheit ihrer äußern Beschaffenheiten verschiedene Namen erhalten haben. Die übrigen Erdarten finden sich weit seltener in den Steingattungen, welche einer technischen Benutzung fähig sind.

In einigen Gebirgssteinen ist eine Erde einzig und allein mit einer wirklichen Säure verbunden, so daß dadurch die chemische Beschaffenheit der Steinart characteristisch bestimmt wird.

Kalkstein-, Marmor- und Kreide-Gebirgsmassen z. B., welche in jedem Welttheile gefunden werden, sind chemische Verbindungen der Kohlensäure mit Kalkerde; Gypsberge bestehen aus Kalkerde und Schwefelsäure. Mehrere andere Steingattungen sind chemische Verbindungen einer Säure mit andern Erdarten.

In einigen Gebirgsarten spielen gewisse Erdarten ganz die Rolle einer Säure; dies ist vorzüglich der Fall mit der Kieselerde und der Thonerde. Diese bilden demnach Silikate. Die meisten sind Silikate der Thonerde, der Kalkerde und der Talkerde, mit Eisenoxyd chemisch verbunden.

Nachdem wir dieses, aus Accum's Handbuch entlehnt, voraus eingeschaltet haben, wollen wir zu den einzelnen Steingattungen übergehen und diejenigen näher beschreiben, welche als Bausteine anwendbar sind.

Diese sind:

1) Der Granit.

In demselben zeigen sich graue, oder bräunliche, zuweilen auch ziemlich weiße sehr unregelmäßig gestaltete, etwas durchscheinende, häufig auch durchsichtige Körner mit unebner Oberfläche, die aber zuweilen glatt und gekrümmt ist, mit andern eckigen Körnern von gewöhnlich fleischrother Farbe, die aber auch wieder weiß, grau, gelb, roth und braun in allen zwischenliegenden Abstufungen sein können, welche blätterigen Bruch und rechtwinkelige Kanten haben und etwas glänzen, innig verwachsen. Auch findet man dazwischen Blättchen mit metallischem Glanze eingewachsen. Jene drei verschiedenen Arten von Gesteinen, aus denen der Granit zusammengesetzt ist, heißen nach der Reihe, wie sie oben angedeutet wurden, **Quarz, Feldspath und Glimmer.**

Der Granit eignet sich, seiner großen Festigkeit und Härte wegen ganz vorzüglich als Baustein und auch als Pflasterstein, und namentlich der feinkörnige. Weniger dagegen der grobkörnige, indem dieser leichter verwittert und zerspringt. Eben so ist auch derjenige Granit zu verwerfen, in welchem der

Glimmer vorwaltet, weil dieser leicht spaltet und die Feuchtigkeit gern lange hält, die dann durch ihr Gefrieren im Winter oft dem ganzen Stein schadet. Auch diejenigen Granitstücke sind zu verwerfen, in denen Eisenerze eingesprengt sind, weil diese mit der Zeit verwittern und den Stein durchlöchern, wobei dann die Festigkeit des Steins unbedingt verloren geht.

2) Der Syenit.

Derselbe besteht aus Körnern von röthlicher oder grauer oder gräulich weißer Farbe mit deutlich blätterigem Bruche und rechtwinkeligen Kanten, die mit schwarzen oder dunkelgrünen Körnern von blätterigem Bruche und sehr feinstreifiger Oberfläche mit stumpfen Kanten verwachsen sind.

Der Syenit ist außerordentlich fest und hart und erleidet weder von der Luft, noch vom Wasser eine merkliche Veränderung. Hinsichtlich seiner Anwendung und Benutzung gilt dasselbe, was von dem Granit gesagt ist.

3) Der Diorit.

Derselbe besteht aus schwarzen oder dunkelgrünen Körnern von blätterigem Bruche, sehr feinstreifigem Ansehn und stumpfen Kanten, die verwachsen sind mit einem grünlich- oder gelblichweißen Gestein, das keinen blätterigen Bruch, sondern fast das Ansehen der weißen Seife hat.

Dieses Gestein ist ungemein zähe und außerordentlich schwer zu zerschlagen. Da aber dasselbe fast immer stark zerklüftet und daher weit weniger leicht regelmäßig und geradflächig zu behauen ist, so wird es zu Mauern nur sehr selten verwendet; aber desto mehr benutzt man dieses Gestein zu Pflastersteinen, wozu es ein vorzügliches Material liefert.

4) Der Dolerit.

Dieses Gestein besteht aus länglichen, weißgrauen, gelblichen, grünlichen oder röthlichen Körnern ohne blätterigen Bruch, die innig mit schwarzen blätterigen Körnern oder auch wohl Nadeln, so wie mit Körnern von eisenschwarzer Farbe und metallischem Glanze verwachsen sind.

Der Dolerit verwittert zum Theil leicht, besonders wenn er blasig ist oder viel Eisen enthält, weshalb er sich auch nicht wohl als Baustein eignet. Dagegen ist er ein guter Pflasterstein.

5) Der Hornfels.

Das Gestein ist höchst feinkörnig, so daß nur mit dem Vergrößerungsglase die Körner zu unterscheiden sind; es zeigt sich grau, wie Feuerstein, zuweilen fast schwarz, ohne jedoch so glatt zu sein wie dieser und schlägt am Stahle Feuer. Dieser Stein eignet sich wegen seiner Festigkeit sehr gut zum Pflasterstein.

6) Der Gneis.

Dieses Gestein besteht aus weißen oder grauen länglich gezogenen Körnern, eingefaßt und getrennt durch meist nach einer Richtung liegende glänzende schuppige Blätter von grauer oder schwarzer Farbe, die jedoch nicht regelmäßig zusammenhängen, sondern hier und da sich mehr häufen, aber unten und oben von grauen Körnern bedeckt sind. Das Gefüge zeigt sich so, daß es zwischen Schiefrigem und Streifigem schwankt; es ist bald gerade, bald wellenförmig gebogen; die abgeschlagenen Stücke spalten nach einer Richtung hin leichter, als nach den übrigen.

Ist der Gneis feinkörnig, so eignet er sich sehr gut zum Pflasterstein. Zu Bausteinen ist er weniger anwendbar, weil er bei weitem geneigter ist die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre aufzunehmen und festzuhalten, als irgend einer der vorgenannten Steine.

7) Der Porphyr.

In diesem Gestein zeigen sich in einer dichten teigartigen Grundmasse von dunkler Farbe hellere eckige, etwas blätterige, manchmal auch staubartige Körner, und außerdem durchsichtige, wie Glas glänzende Körper.

Der Porphyr ist ein ausgezeichneter Baustein und läßt sich zu allen Arten von Bauten vortheilhaft verwenden, da er sehr fest ist, schwer verwittert und die Feuchtigkeit aus der Luft im geringern Grade als alle andern Steine anzieht. Uebrigens ist derselbe auch ganz vorzüglich als Pflasterstein.

8) Das körnige Quarzgestein.

Das Gestein ist aus kleinen Körnern zusammengesetzt, welche auf dem Bruche fettig glänzen, eine weiße, graue, rothe oder braune Farbe haben; an den Kanten scheint es stark durch und schlägt am Stahle Feuer. Sämmtliche Körner bestehen aus Quarz. Die Farben wechseln bei demselben zuweilen streifen- und fleckweise ab; zuweilen wird es so feinkörnig, daß es sich in das Dichte verläuft.

Dieses Gestein eignet sich wegen seiner großen Festigkeit und der Eigenschaft von beinahe keinem Stoffe angegriffen zu werden, ganz vorzüglich zum Baustein und zur Anwendung bei allen Arten von Straßenbauten.

9) Der Basalt.

Dieses Gestein hat eine schwarze, etwas ins Grüne oder Blaue ziehende Farbe, ist von unebenem Bruche, mit unvollkommenen muscheligen Vertiefungen. Dasselbe ist sehr fest und so hart, daß es zuweilen am Stahle Funken giebt; dabei ist es ziemlich schwer, undurchsichtig und wenig glänzend.

Der Basalt eignet sich im Ganzen weniger zum Bausteine, dagegen bewährt er sich ganz vorzüglich beim Straßenbau. Seine bedeutende Härte und Zähigkeit, so wie der geringe Staub, den er beim Zerfahren giebt, empfehlen ihn sehr.

10) Der Kalkstein.

Die wesentlichen Bestandtheile des Kalksteins sind: Kalkerde, Kohlensäure und Wasser. Es giebt von diesem Gestein sehr viele Arten, die hier aber nicht weiter einzeln angeführt werden sollen. Man benutzt den Kalkstein, wo er häufig gefunden wird, sowohl als Baustein, als auch zum Kalkbrennen.

In der Benutzung als Baustein muß man im Allgemeinen vorsichtig sein, indem der Kalkstein sich nur in ganz trocknem Boden, oder wenn er beständig unter Wasser ist, hält. Im letztern Falle muß jedoch auch vorausgesetzt werden, daß keine Erze ihm beigemengt seien. Ist der Kalkstein feuchten Ausdünstungen ausgesetzt, so begünstigt er sehr leicht den Mauerfraß und das Auswittern von Salzen in allen Arten von Gebäuden.

Um den Kalkstein sicher zu erkennen, kann man nur etwas Scheidewasser auftröpfeln, mit welchem er stark aufbrauset. Ist das Aufbrausen mit Scheidewasser mehr oder weniger schwach, so enthält derselbe viele erdige Theile und ist alsdann auch zum Kalkbrennen weniger nutzbar.

Auf dieses Gestein kommen wir weiter unten noch einmal zurück.

11) Die Grauwacke.

Dieses Gestein erscheint wie ein bald mehr bald weniger feinkörniger Sandstein von grauer oder röthlichbrauner Farbe. Die rundlichen oder eckigen Körner sind an Größe unter einander sehr verschieden. Dieselben bestehen vorzugsweise aus weißem, grauem oder röthlichem Quarz, außerdem aber auch aus schwarzem oder braunem Thonschiefer, Kieselschiefer, weniger aber Glimmer. Die Körner sind durch harte Thonschiefermasse mit einander verbunden, so daß der zusammenkittende Teig meist weniger als die Körner sichtbar wird.

Die Grauwacke ist sehr fest und sehr schwer zersprengbar; nur die schiefrige läßt sich leicht spalten. Dieselbe spaltet in Tafeln und kann sehr gut zum Belegen von Trottoiren, so wie zu Deckplatten und dergleichen benutzt werden.

12) Der ältere Sandstein.

Derselbe ist ein bald mehr bald weniger klein- und feinkörniger Sandstein, der zuweilen aber auch ein grobes Trümmergestein wird, dessen Körner theils eckig, theils abgerundet, meist aus Quarz, außerdem aus Granit, Gneis, Glimmer- und Kieselschiefer, aus Porphyr, Diorit u. s. w. bestehen und durch einen bräunlichrothen oder gräulichweißen, meist sehr zähen Teig mit einander verbunden werden.

Dieses Gestein verwittert sehr schwer und bietet sowohl den zerstörenden Einflüssen der Atmosphäre als dem Wasser länger Trotz, als Granit, Porphyr oder andere harte Steinarten. Er wird als Baustein zu Quadern verarbeitet, ist jedoch schwieriger als andere Sandsteine zu bearbeiten.

13) Der bunte Sandstein.

Dieser Stein ist von feinem und meist sehr gleichem Korn, dessen oft kaum sichtbare runde und eckige Körner von Quarz durch ein thoniges, oder weniger oft durch ein kalkiges oder kieseliges Bindemittel zusammengehalten werden, dessen Farbe sich aus dem Grauen ins Weiße, Gelbe und Braune, auch ins Rothe und Grünliche verläuft und an einzelnen Stellen in Flecken und Streifen mit einander wechselt, auf größern Strecken aber auch wohl gleichförmig bleibt.

Er ist in seinen dichteren Abänderungen ein ausgezeichneter Baustein. Häufig aber enthält er kleine Thonpartien, die unter dem Namen **Thongallen** bekannt sind. Diese werden durch Nässe leicht ausgewaschen, der dazwischen liegende Sandstein bleibt stehen und die Oberfläche erscheint dann, wie mit einem groben Netze überzogen.

Dieser Sandstein wird nicht allein zu Quadersteinen verarbeitet, sondern auch zu Platten, Deckgliedern, Brustgesimsen, überhaupt zu allen möglichen Steinhauerarbeiten.

14) Der Quadersandstein.

Dieser Sandstein ist meist von sehr kleinem und feinem gleichmäßigen Korne, fast ganz aus Quarzkörnern bestehend, die durch ein thoniges oft kaum erkennbares Bindemittel zusammengehalten werden. Die Farbe desselben ist gewöhnlich graulich oder gelblichweiß.

Er ist einer der wichtigsten Bausteine und seine Anwendung sehr ausge-

dehnt. Man benutzt ihn als Quaderstein beim Brücken- und Wasserbau, so wie auch zu vielen andern Arbeiten.

Der meiste Sandstein hat ein thoniges Bindemittel und besitzt keinen hohen Grad der Härte; sobald er aber an die Luft kommt, erhärtet er vollkommen. Oft ist das Bindemittel eisenhaltig (roth oder gelb gefärbt); dies thut, sobald die Färbung durch den ganzen Stein geht, seiner Anwendung keinen Eintrag. Sobald aber einzelne dunkelbraune Adern den Stein durchziehen, so sollte man ihn zum Wasserbau, so wie überhaupt auch da nicht anwenden, wo er starker Einwirkung der Feuchtigkeit ausgesetzt ist, indem das in diesen Adern enthaltene Eisenoxyd durch Anziehen der Feuchtigkeit aufschwillt und beim Frieren den Stein zersprengt.

15) Der Traß (Duckstein oder Tuffstein).

Der Traß besteht aus einer erdigen, unreingelben, ins Graue oder Braune ziehenden, nicht glänzenden Hauptmasse, die theils porös, theils dicht ist, einzelne Bimssteinrollstücke, auch Bruchstücke von Thonschiefer, Basalt, Trümmer von Schlacken enthält. Derselbe ist ein durch Wasser aufgeschwemmtes vulcanisches Conglomerat.

Der Traß ist ein für den Baumeister höchst wichtiges Gestein. Er kann zwar, so wie er gefunden wird, als Baustein benutzt werden; bei weitem wichtiger wird er aber in seiner Verwendung zum Mörtel, dem er, zu Pulver gemahlen, statt des Sandes zugesetzt wird und demselben die Eigenschaft zutheilt, im Wasser zu erhärten.

§. 15. Vom Sande.

Der Sand ist in technischer Beziehung ein sehr wichtiges Material, indem derselbe nicht allein als Zusatz zum Mörtel angewendet, sondern auch bei der Ziegelfabrication dem Thone beigemengt wird, damit, wenn dieser zu fett sein sollte, er die gehörige Festigkeit erhalte und im Feuer nicht zu sehr schwinde und berste.

Der Sand, wie er in der Natur vorkommt, besitzt bald mehr, bald weniger Schärfe und hiernach richtet sich die Güte desselben.

Der zur Zubereitung des Mörtels zu verwendende Sand muß nicht allein ganz rein, von allen erdigen Substanzen befreit, sondern es muß derselbe auch scharfkantig sein, damit er dem Kalke so viel Oberfläche darbiete, als nur möglich, indem in dieser größern Berührung des Sandes mit dem Kalke eben das Binden des Mörtels liegt. Hat der Sand nur runde Körner, so wird derselbe, da bekanntlich die Kugel von allen Körpern die kleinste Oberfläche hat, dem Kalke nicht so viel Oberfläche darbieten können. Die Farbe des Sandes ist mehr oder weniger Nebensache, obwohl die dunkel gefärbten Arten meistentheils etwas Eisenoxyd beigemengt enthalten, welches zur Erhärtuug des Mörtels wohl etwas beiträgt. Die Hauptsache ist jedoch immer, daß man zur Bereitung des Mörtels nur reinen Sand verwende.

Man wähle deshalb nur mittelmäßig groben scharfkantigen reinen Gruben- oder Bergsand; in Ermangelung dessen aber muß man Fluß- oder Quellsand anwenden, der zwar auch sehr rein ist, aber runde Körper hat. Seesand muß

jedoch zuvor durch Auswaschen in Quell- oder süßem Wasser von allen anhängenden Salztheilen vollkommen befreit werden.

§. 16. Von den künstlichen Steinen.

Die künstlichen Steine oder Ziegelsteine (Mauerziegel, Backsteine) werden von Lehm oder Thon zubereitet und im Feuer gebrannt. Die Güte derselben hängt aber nicht allein von der Beschaffenheit der dazu verwendeten Erde, sondern auch von der Bearbeitung, so wie endlich im hohen Grade vom Brennen ab.

Ist der Thon, woraus die Ziegel geformt werden, zu fett, so reißen und bersten sie nicht nur beim Trocknen, sondern noch mehr beim darauf folgenden Brennen. Es muß daher in diesem Falle der Thon einen Sandzusatz erhalten, der durch directe Versuche ermittelt werden muß.

Was die Fabrication der Ziegel betrifft, so soll diese hier nicht weiter erörtert werden, sondern verweisen wir deshalb auf die verschiedenen Lehrbücher der Baukunst (von Gilly, Wolfram), in denen darüber zur Genüge abgehandelt wird.

Wir wollen nur hier im Allgemeinen die Kennzeichen angeben, woraus sich die Güte derselben beurtheilen läßt.

1) Der Ziegel muß eine scharfkantige Form haben, und die Oberfläche muß ohne Bersten und Risse sein; ferner müssen die Kanten nicht leicht zerreiblich sein.
2) Der Ziegel muß beim Anschlagen einen hellen Klang geben; der Bruch muß gleichförmig und ohne große Höhlungen sein; auch darf in demselben keine ungleichförmige Mischung der Ziegelmasse stattfinden und namentlich dürfen keine Mergeltheile und kein Schwefeleisen darin enthalten sein, da sonst beim Einsaugen des Wassers die Mergeltheile sich aufblähen und den Stein zersprengen, das Schwefeleisen aber verwittert und dann ein Salzbeschlag entsteht, wodurch der Stein bröcklich wird.
3) Es muß derselbe möglichst fest sein und beim Zerhauen nicht zerbröckeln, sondern scharfkantig brechen.
4) In Wasser gelegt kann der Ziegelstein solches zwar mit Zischen einsaugen, er darf aber nicht nach längerer Zeit darin abblättern oder bröcklich werden oder gar zerspringen. Eine sehr gute Probe, die Güte der Ziegel zu finden, ist auch, wenn man sie während eines Winters dem Regen und dem Froste ausgesetzt hat. Zeigen sie hiernach keine Veränderung, so kann man von ihrer Güte überzeugt sein.
5) Die Ziegelsteine müssen sämmtlich einerlei Maß halten, damit beim Bau nicht ein ungleicher Verband entstehe.

Die Klinker, welche bei Wasserbauten besonders wegen ihrer Dauer mit Vortheil angewendet werden, sind sehr hart und meistens zweimal gebrannte Ziegelsteine. Man hat dabei darauf zu sehen, daß sie nicht gekrümmt sind und keine unregelmäßige Gestalt haben, welche diejenigen sehr leicht erhalten, die beim Brennen zu sehr der unmittelbaren Feuerhitze ausgesetzt sind. Die holländischen Klinker sind gegenwärtig noch die vorzüglichsten, was aber weniger an dem verwendeten Material als an der Behandlung der Ziegel liegt.

§. 17. Vom Kalk.

Der Kalkstein besteht, wie schon oben angeführt worden, hauptsächlich aus Kalkerde, Kohlensäure und Wasser, dem häufig Kieselerde, Thonerde oder auch wohl kohlensaure Talkerde beigemengt ist.

Um denselben zur Bereitung des Mörtels tauglich zu machen, setzt man ihn in einem Ofen einer glühenden Hitze aus, wodurch bewirkt wird, daß die im Steine enthaltene Kohlensäure zugleich mit dem in demselben gebundenen Wasser entweicht. Die Kalkerde bleibt alsdann, mit Wärmestoff gebunden, als lebendiger oder gebrannter Kalk ohne Beimischung von Kohlensäure und Wasser zurück. Beim Brennen des Kalksteins verliert derselbe nur an seinem Gewichte, aber nichts von seinem Rauminhalt. Der Verlust des Gewichts wird jedoch um so bedeutender, je reiner der Kalkstein von fremden Beimischungen ist. Aus dem größern oder kleinern Gewichtsverlust läßt sich daher auch die Güte des gebrannten Kalks beurtheilen. Ferner aber läßt sich die Güte des gebrannten Kalks auch nach seiner Farbe bestimmen, denn je weißer er ist, desto weniger fremdartige Theile enthält er. Enthält z. B. der Kalkstein Eisenoxyd, so wird er nach dem Brennen gelblich; macht Manganoxyd einen seiner Bestandtheile aus, so wird er braun.

Ist der Kalkstein so sehr mit fremdartigen Erden gemengt, daß während des Brennens eine Zusammensinterung des Gemenges erfolgt, so nennt man dieses das Todtbrennen des Kalks, und dieser Kalk hat alsdann die Eigenschaft verloren, im Wasser löschbar zu sein.

Läßt man gebrannten Kalk an der Luft, besonders an feuchter Luft liegen, so stirbt er ab, er zerfällt und zieht Kohlensäure und Wasser an, weshalb man denselben in dichten Fässern und an trocknen Orten aufbewahren muß.

Um den Kalk zu löschen, breitet man eine gewisse Menge gebrannten Kalk in einem von Brettern zusammengeschlagenen circa 18 Zoll hohen Kasten aus. In der einen Seitenwand muß sich eine Oeffnung befinden, die durch einen Schieber zu verschließen ist. Hierauf schüttet man alsdann Wasser, am besten Fluß- oder Regenwasser, und zwar nicht mehr als bis der Kalk kaum damit bedeckt ist. Sobald nun der Kalk anfängt zu zerplatzen, werden die einzelnen Stücke, welche zerplatzen, abgerührt, bis der Kalk eine größere Hitze entwickelt und förmlich anfängt zu kochen. Nun wird unter Zuthun von nur sehr wenigem Wasser die Masse mit Kalkhacken durchgearbeitet, damit das Wasser mit allen Kalktheilen in Berührung kommt. Dies wird so lange fortgesetzt, als ein Zischen oder Aufkochen einzelner Theile noch stattfindet. Hierauf wird unter fortwährendem Durcharbeiten mit einer Kalkhacke noch so viel Wasser allmälig zugeschüttet, bis der gelöschte Kalk eine dickflüssige Masse bildet. Wenn dieses erfolgt ist, so wird der Schieber des Löschkastens geöffnet und der gelöschte Kalk in eine Grube abgelassen. Hierin wird der Kalkbrei nach und nach steifer, die Kalktheile einigen sich vollkommener mit dem Wasser, wodurch der gelöschte Kalk noch an Güte gewinnt, indem noch alle kleinen Kalktheilchen, die bis dahin nicht gelöscht waren, vollständig sich aufschließen. Nachdem der Kalk in der Grube steifer geworden ist, was gewöhnlich schon nach einem bis zwei Tagen

stattfindet, muß derselbe mit Sand bedeckt werden, um ihn vor dem Zutritt der Kohlensäure der Atmosphäre zu schützen.

Benutzt man zum Löschen des Kalks zu wenig Wasser, so schließt sich der Kalk nicht gehörig auf, sondern er verbrennt, wobei dann die Hitze bedeutend steigt und wodurch die Kalktheile zusammenbacken. Hierbei findet ein sehr bedeutender Verlust an Kalk Statt.

Zum Kalklöschen benutzt man am besten weiches Wasser, welches möglichst frei von Salzen ist, weil diese Salze nachdem durch den Kalk im Mörtel zersetzt werden und dann nicht selten in feinen zarten Nadeln aus feuchten Mauern auswittern.

Die mageren oder hydraulischen Kalkarten, die nach dem Löschen ohne andre Beimischungen an feuchten Orten und selbst im Wasser zu einer festen Masse werden, verschlucken im Allgemeinen eine weit geringere Menge Wasser, als die fetten oder nicht hydraulischen Kalkarten.

Der hydraulische Kalk wird aus solchen Kalksteinarten erhalten, welche außer der kohlensauren Kalkerde eine gewisse Menge Thonerde und Kieselerde und gewöhnlich auch einige Metalloxyde, vorzüglich Eisenoxyde enthalten. Der gelöschte Kalk muß bald verbraucht werden, indem er durch das Aufbewahren selbst in luftdichten Gruben schlechter wird und verliert.

§. 18. Vom Mörtel.

Unter Mörtel versteht man eine aus gelöschtem Kalk und verschiedenen andern Mineralsubstanzen auf nassem Wege bereitete Masse, welche theils zur Verbindung der Bausteine, theils auch zum Abputz der Mauern und Wände dient. Man unterscheidet Luftmörtel und Wassermörtel oder hydraulischen Mörtel.

Der Luftmörtel, welcher aus Kalkbrei mit einer hinreichenden Menge Sand vermischt, besteht, darf nur der Wirkung der Luft ausgesetzt werden, nicht aber dem Wasser, indem in diesem letzteren Falle der Kalk davon aufgelöst und der Zuschlag losgeweicht werden würde. Der zu dem Kalke zugesetzte Sand muß rein und nicht mit Thon oder Humustheilen vermengt sein; eben so darf er weder ganz fein, noch in zu groben Körnern bestehen, sondern es ist am besten, wenn die Größe der Körner verschieden, aber mehr mittelfeinkörnig, als grobkörnig ist und wenn die einzelnen Körner scharfeckig sind.

Man nimmt je nachdem der Kalk fett ist, zu demselben auf einen Cubikfuß gelöschten Kalk 1½, 2 bis 2½ und 3 Cubikfuß Sand. Durch einen zu geringen Sandzusatz wird der Mörtel keineswegs verbessert, sondern verschlechtert. Das Verhältniß zwischen beiden Theilen muß so sein, daß die Zwischenräume der Sandkörner mit Kalk ausgefüllt sind und somit jedes Sandkorn mit Kalk umhüllt wird. Was die Bereitung des Mörtels betrifft, so darf dieselbe nur mit wenigem Wasser beschafft werden und es darf nicht mehr zugesetzt werden, als eben nöthig ist, den mit Sand vermischten Kalk vollständig durcharbeiten zu können. Ueberhaupt, je vollständiger das Durcharbeiten des Kalks mit dem Sande beschafft wird, desto besser wird der Mörtel. Vor allen Dingen dürfen

aber in dem zubereiteten Mörtel sich keine Kalkstreifen, noch Kalkklümpchen oder einzelne Sandklümpchen zeigen, sondern ein jedes einzelne Sandkorn muß, wie schon gesagt, vollständig von Kalk eingehüllt sein.

Die Erhärtung des Mörtels, so wie auch seine Festigkeit, die er mit der Zeit annimmt, läßt sich folgendermaßen erklären: vermöge der Adhäsionskraft, welche der Sand gegen den Kalk und so auch wieder die Oberflächen der Mauersteine gegen diesen ausüben, haftet derselbe an ihnen und es bildet sich beim allmäligen Zusammentrocknen des Kalkhydrats ein festwerdendes Conglomerat, indem zugleich allmälig Kohlensäure verschluckt wird. Unter Umständen entweicht auch fast alles Wasser und wird durch Kohlensäure ersetzt. Eine chemische Einwirkung des Kalkes auf den Sand findet nicht Statt. Was aber sehr nachtheilig auf die Festigkeit des Mörtels einwirkt, ist ein schnelles Austrocknen, und eben so heftiger und schnell eintretender Frost, indem beim Gefrieren der Mörtel sich ausdehnt und beim Wiederaufthauen alsdann wegbröckelt.

Der Wassermörtel oder der hydraulische Mörtel muß die Eigenschaft haben, daß er unter Wasser erhärtet, und hat man daher, um dieses zu erzielen, dem fetten Kalk verschiedene andere Materialien zuzusetzen, die demselben diese Eigenschaft ertheilen. Man begreift diese Materialien unter dem allgemeinen Namen „Cemente."

Diese Cemente enthalten kieselsaure, häufig in der Natur anzutreffende Verbindungen, die so beschaffen sind, daß der Kalk entweder geradezu auf dieselben einwirken, und ein im Wasser erhärtendes Product geben kann, oder daß sie leicht durch Brennen für sich oder mit etwas Kalk in diesen Zustand versetzt werden können. Statt dieser Naturproducte wendet man auch verschiedene Kunstproducte an, welche Silicate enthalten.

Zu den Naturproducten, welche man zum Wassermörtel verwendet, gehören vornehmlich Puzzolane, Traß, Bimsstein, Basalttuff und gebrannter Basalt; zu den Kunstproducten aber gebranntes Töpfergeschirr, Chamotte, Ziegelmehl, Hohofenschlacken, gebrannter Thon, Alaunschiefer u. dgl. mehr.

Zur Erzeugung von hydraulischem Mörtel wendet man auch hydraulischen Kalk an, welcher ein Cement bereits in sich hat, indem er kieselsaure Kalkerde, kieselsaure Thonerde und Magnesia enthält. In diese Kategorie gehören alle thonhaltigen Kalksteine, welche über 20 bis 30 % Thon- und Kieselerde enthalten.

Ehe wir nun die verschiedenen Mittel zur Zubereitung des Mörtels anführen, soll hier noch einer Löschmethode gedacht werden, welcher man sich namentlich beim Löschen des Kalks zu hydraulischem Mörtel bedient.

Man taucht den Kalk nur kurze Zeit in's Wasser, bis er auf der Oberfläche anfängt heiß zu werden; alsdann legt man ihn auf einen trocknen, reinen Steinboden und läßt ihn sich löschen, indem er zu Staub zerfällt; oder auch, man häuft den Kalk bis zu 2 bis 3 Fuß auf, bedeckt ihn dann mit einer 3 bis 4 Zoll hohen Sandschicht und schüttet darauf mittelst einer Brause Wasser, wobei man aber darauf zu achten hat, daß an keiner Stelle der Kalk unbedeckt bleibe und mit der Luft in Berührung komme. Bei dieser Löschmethode zer-

fällt der Kalk ebenfalls zu Staub. Diese Löschmethode ist jedoch keineswegs zu empfehlen, weil hierdurch der Kalk nicht so fein aufgeschlossen wird, sondern mehr zusammengebacken bleibt, so daß also immer ein nicht unbedeutender Kalkverlust stattfindet.

Eins der vorzüglichsten Naturproducte, welcher man sich zur Erzeugung von hydraulischem Mörtel bedient, ist der Traß. Von demselben ist zwar schon oben die Rede gewesen, wir müssen jedoch hier auf denselben wieder zurückkommen. Er kommt in dreierlei Gestalt vor. Die unteren Lagen desselben, welche man auch häufig als Bausteine verwendet, sind einem weichen Sandsteine ähnlich; wenn sie längere Zeit der Luft ausgesetzt gewesen sind und die Bergfeuchtigkeit vollständig verloren haben, zeigen sie eine große Festigkeit und Tragfähigkeit. Viel weicher dagegen sind die oberen Lagen, und endlich kommt der Traß auch noch in ganz losen Massen in der Form von Sand vor.

Zur Erzeugung von Mörtel ist der feste Stein jedenfalls der beste, der daher auch echter Traß heißt, im Gegensatz namentlich zu den letzteren Arten, die man wilden Traß nennt. Man benutzt die weicheren Sorten zwar auch zur Mörtelbereitung, doch besitzen diese nur eine geringe Bindekraft.

Der echte Traß wird in größeren Stücken von etwa $1/2$ bis 1 Cubikfuß Inhalt gebrochen und nachdem er etwas getrocknet ist fein pulverisirt.

Um die Güte des Trasses zu prüfen, wendet man das Verfahren an, daß man von dem pulverisirten Traß in ein Glas Wasser schüttet und dieses umrührt. Erfolgt nun sogleich ein vollständiger Niederschlag und geben sich keine verschiedenen Schichten darin zu erkennen, so ist dieses jedenfalls ein Zeichen der Reinheit des Trasses. Doch ist hiermit noch keineswegs festgestellt, ob der Traß auch eine genügende Bindekraft besitzt, indem der wilde Traß, wenn er sonst rein ist, sich von dem echten hierdurch kaum unterscheiden läßt.

Weit sicherer ist es, daß man sich durch directe Versuche von der Bindekraft des Trasses überzeugt. Dieses geschieht leicht, wenn man Klumpen von Mörtel bildet, die man sogleich in ein Glas mit Wasser wirft und nach einem oder mehreren Tagen ihre Festigkeit untersucht. Der Grad der Festigkeit giebt sich am leichtesten durch den Widerstand zu erkennen, den der Mörtel dem Eindringen eines zugespitzten Eisens entgegensetzt. Aus diesen Versuchen läßt sich dann auch gleichzeitig die Menge des Zusatzes von Traß bestimmen.

Zum reinen Traßmörtel, der keinen Zusatz an Sand erhält, nimmt man auf einen Cubikfuß Kalkbrei gewöhnlich zwei Cubikfuß pulverisirten Traß. Doch ist dies nicht immer maßgebend, sondern die Menge des zuzusetzenden Trasses hängt stets von der Güte des Kalkes ab, weshalb man dieses vorher durch directe Versuche zu ermitteln hat. Uebrigens kann man immer ohne Schaden einen geringen Zusatz von Sand anwenden; es ist sogar vortheilhaft, wenn das Mauerwerk nicht immer vom Wasser bedeckt bleibt, den Traß zur Hälfte mit Sand zu versetzen. Diesen letztern nennt man dann „verlängerten Traß."

Die Zubereitung des Traßmörtels geschieht in folgender Art: nachdem man den Kalk und Traß abgemessen hat, wird der gelöschte Kalk mit einem Stampfer von Holz auf einem dichten Dielenboden etwas ausgebreitet und ohne

Zuthun von Wasser möglichst weich und ohne Klumpen bereitet. Hierauf wird der Traß unter fortwährendem Durcharbeiten mit einer eisernen Kalkhacke nach und nach zugeschüttet. Zu dieser Arbeit muß man möglichst wenig Wasser benutzen und den Kalk und Traß so lange mit der Hacke durcharbeiten, bis eine vollständige Vermischung der zusammengesetzten Theile erlangt ist. Durch Zusetzen von Wasser wird die Arbeit zwar sehr erleichtert, allein der Mörtel bindet alsdann auch nicht so schnell, indem durch den stärkeren Zusatz von Wasser die Mörtelmasse zu weich wird.

Man bereitet auch den Traßmörtel in der Art, daß die Arbeiter mit Holzschuhen ihn durchtreten. Diese Bereitung ist jedoch für den Arbeiter sehr beschwerlich und ermüdend. Oder man wendet auch, namentlich wenn größere Quantitäten des Mörtels erforderlich sind, zur Bereitung desselben besondere Mörtelmaschinen an, wovon in Folgendem mehrere mitgetheilt werden sollen.

In Fig. 18 ist eine Mörtelmaschine dargestellt, welche Perronet beim Bau der Brücke bei Neuilly anwendete. Diese Maschine wurde durch ein Pferd getrieben, bei welchem ein Mann zur Aufsicht war. Jede Maschine lieferte alle zwei Stunden eine Grube voll. In eine Grube gingen auf einmal 12 Cubikfuß Kalk und 24 Cubikfuß Flußsand; es wurden nun mit einer solchen Maschine täglich 6 Gruben voll gemacht, welche zusammen 72 Cubikfuß Kalk und 144 Cubikfuß Sand ausmachten, aber nur 155 Cubikfuß Mörtel lieferten, weil der Kalk sich größtentheils in die Zwischenräume des Sandes zieht, und dies um so mehr, je gröber der Sand ist.

In Fig. 19, Taf. 2, ist eine Mörtelmaschine dargestellt, deren man sich beim Bau einer Schleuse des Ludwigscanals bediente. Es heißt darüber in Romberg's Bauzeitung: Der Kasten, welcher 10 Fuß lang war und 26 Cubikfuß hielt, ruhte auf zwei Pfosten und wurde mittelst einer Welle, die durch das Mittel des Kastens ging und zur bessern Vertheilung des Mörtels und der Steine mit Sprossen versehen war, durch 8 Mann sehr leicht gedreht. Zehn bis zwölf Drehungen waren gewöhnlich hinreichend zur vollkommenen Mischung der Masse. Der Deckel selbst ließ sich abnehmen und wurde mittelst dreier hölzerner Riegel nach geschehener Füllung auf dem Kasten befestigt.

Die Figur zeigt den geöffneten Kasten.

In den Figuren 20 A und B ist noch eine andre Mörtelmaschine, ebenfalls der Romberg'schen Bauzeitung entlehnt, dargestellt.

Fig. 20 A zeigt den Grundriß und Fig. 20 B einen verticalen Durchschnitt der Maschine.

Am obern Ende des Pfahles a Fig. B ist ein eiserner Dorn angebracht, der als Drehpunkt anzusehen ist. Um den eisernen Dorn bewegt sich ein horizontal liegender Balken b h, der als Pferdegöpel dient.

Sobald der Balken b h in Bewegung gesetzt wird drehen sich die Mühlsteine e, e, e in eisernen Büchsen um die Achsen, welche mit dem Balken fest verbunden sind.

Die Mühlsteine laufen in einem conisch gearbeiteten Graben und sind so gestellt, daß sie die untere Fläche des Grabens vollständig decken.

An der einen Seite der Maschine findet sich eine Oeffnung f g, durch

welche der fertige Mörtel in die Reservegrube k abfließt. Diese Oeffnung wird während der Arbeit durch einen Schieber geschlossen.

In den conischen Graben wird der gelöschte Kalk und der Sand nach dem nöthigen Verhältniß eingeworfen und zur Erleichterung der Arbeit ein wenig Wasser zugeschüttet.

Sobald dieses geschehen und der Graben fast bis oben angefüllt ist, wird die Maschine in Bewegung gesetzt und so lange in derselben erhalten, bis der Kalk mit dem Sande gehörig gemengt ist. — Das Auflockern des Kalkes und des Sandes während der Umwandlung zu Mörtel geschieht durch die an dem Göpel befestigte eiserne in Fig. 20 B sichtbare Harke; eben so werden die Wände des conischen Grabens durch die messerartigen Eisen, welche mit dieser Harke verbunden sind, von sich anhängendem Kalke befreit.

Die Reservegrube ist mit Dielen zugedeckt, damit die Luft nicht auf den fertigen Mörtel einwirkt und überhaupt auch kein Regen eindringen kann; dies letztere läßt sich auch dadurch verhindern, daß man die Maschine unter einer leichten mit einem dichten Dache versehenen Scheuer aufstellt.

Diese Maschine kam bei dem Bau der Thüringischen Eisenbahn zur Bereitung des Mörtels mehrerer Bauwerke in Anwendung und bewährte sich hier als äußerst vortheilhaft. Es wurden mittelst einer solchen Maschine in circa 6 Minuten 30 Cubikfuß Mörtel auf die vorbeschriebene Weise fertig gemacht.

Wenngleich nun die Bereitung des Mörtels durch solche Maschinen bedeutend billiger und schneller ist, als diejenige mittelst Durcharbeiten mit Kalkhacken, so hat erstere Art der Bereitung dennoch den Nachtheil, daß man mehr Wasser zusetzen muß, als bei der Durcharbeitung des Mörtels mit Kalkhacken erforderlich ist.

Der erwähnten Maschinen bedient man sich auch zur Zubereitung des Traßmörtels. Derselbe wird, sobald er zubereitet ist, gewöhnlich sogleich verarbeitet, was auch nöthig ist, weil derselbe nach einigen Stunden schon merklich erhärtet. Die Zubereitung des Traßmörtels muß ebenfalls unter einer dichten Scheuer geschehen, damit die Sonnenstrahlen nicht auf den Mörtel wirken können.

In Ermangelung von Traß bedient man sich zur Bereitung des hydraulischen Mörtels anderer Materialien, um demselben die nöthige schnelle Bindekraft zu geben, und sollen im Folgenden die bewährtesten Vorschriften zur Bereitung des hydraulischen Mörtels mitgetheilt werden.

1) Der Loriot'sche Mörtel besteht aus 25 Theilen Ziegelmehl, 50 Theilen Sand und 25 Theilen gelöschtem Kalk.

2) Der beim Bau der Brücke zu Neuilly verbrauchte Mörtel bestand ebenfalls aus Ziegelmehl und Kalk. Es heißt darüber in Perronet's Werke „Beschreibung der Entwürfe und der Bauart der Brücken bei Neuilly, Nantes &c." übersetzt von L. F. W. Dietlein, S. 14 f.:

Art. 44. Der Cement wird von Dachziegeln oder Ziegelstücken und nicht von Mauersteinen gemacht, und von St. Germain und St. Cloud, oder anderen Orten, die ungefähr eben so weit von Neuilly liegen genommen.

Art. 45. Es werden zwei Arten Mörtel gebraucht. Die erste, die man ge-

wöhnlich weißen Mörtel nennt, besteht aus einem Drittel gelöschten Kalk und zwei Dritteln gut getrocknetem Sand. Die andere Art Mörtel besteht halb aus Kalk und halb aus Cement, wobei ein Zehntheil Kalk mehr als gewöhnlich genommen wird, wie bei einem Versuche mit Vernon'schem Kalk nöthig befunden worden ist.

Art. 46. Der Kalk wird sowohl mit Sand als mit Cement in einer Grube vermittelst einer durch Pferde in Bewegung gesetzten Maschine (Fig. 18) eingerührt, deren Achse mit in der Grube steht. Von dem Zugbaume gehen senkrecht runde Hölzer beinahe bis auf den Boden der Grube hinunter, durch ein Querholz, welches unterhalb des Hebelarms in der Achse befestigt ist. Bei Bereitung des Mörtels darf kein Wasser zugegossen werden, vielmehr muß der Mörtel, wenigstens bei Regenwetter, unter Planen oder Brettschuppen im Trocknen liegen; auch darf auf einmal nicht mehr von jeder Art eingerührt werden, als an einem Tage verbraucht werden kann; was etwa am Abend an Mörtel übrig bleibt, muß in's Trockne gebracht werden, damit derselbe vom Regen nicht ausgewaschen werden kann.

Art. 47. Der Cement unter dem Mörtel zum Vergießen und zu den Fugen, wird gesiebt und der Kalk darunter muß frisch gelöscht sein rc.

3) Der französische Ingenieur Cessart bediente sich eines Mörtels, welcher aus 180 Theilen gebranntem und bis zur Größe einer Erbse zerstoßenem Basalt, 73 Theilen Kalk, 93 Theilen Wasser und aus 288 Theilen Kies oder Grand von der Größe einer Nuß bestand. Dieser Mörtel wurde unter Wasser so hart, als Traß.

4) Lemandé bediente sich beim Bau der Brücke von Lena in Paris eines Mörtels aus 14 Theilen Kalk, 7 Theilen Hammerschlag, 29 Theilen Sand und 50 Theilen zerschlagener Mühlensteine.

5) Bei dem Bau der Brücke zu Rouen bestand der Wassermörtel aus 19 Theilen Kalk, 33 Theilen Sand, 33 Theilen Kies und 15 Theilen Bruchsteingrus.

6) In der practischen Anweisung zum Wasserbau von Gilly und Eytelwein findet man Vorschriften zur Verfertigung des Cementmörtels aus gebrannten Kalksteinen, mit einem Zusatz von Sand, Ziegelmehl, rheinischem Traß u. s. w.

Es wird daselbst vorgeschlagen: Zu einem gewöhnlichen Wassermörtel oder rothen Mörtel, wozu der Steinkalk gleich nach dem Brennen gelöscht und frisch verarbeitet werden soll, halb Sand und halb Ziegelmehl zu nehmen; behält man hierbei das daselbst angegebene Verhältniß 2:5 bei, so würden zu 2 Cubikfuß Kalkteig $2\frac{1}{2}$ Cubikfuß Ziegelmehl und eben so viel Sand erforderlich sein. Dieser Cementmörtel erhärtet zwar unter Wasser nach und nach, er darf aber nicht früher in unmittelbare Berührung mit dem Wasser gebracht werden, als bis er ausgetrocknet ist.

7) Wiebeking gebrauchte bei den in Baiern unter seiner Leitung erbauten Brücken einen Mörtel, welcher aus einem Theile frisch gelöschtem Kalk, eben so viel Ziegelmehl und reinem Flußsand, 0,5 Theilen Glasmehl, eben so viel

Schmiedeschlacken und auch Kalkmehl. Dieses alles wurde, ohne Wasser hinzu zu thun, tüchtig unter einander gearbeitet.

Zum Verstreichen der äußeren Mauerfugen wendete derselbe einen Kitt an, welcher bestand: aus 2 Pfd. gut gekochtem Oel, 3 Pfd. Ziegelmehl, 1 Pfd. Kalkmehl, 3 Pfd. Glasmehl, 3 Pfd. Schmiedeschlacken und 1/4 Pfd. Kälberhaare.

Eine andere Vorschrift zur Bereitung eines Kittes ist, daß man 5 Pfd. Kalkmehl, 2 1/2 Pfd. Ziegelmehl, 1/2 Pfd. Hammerschlag, 1/4 Pfd. Glasmehl und 2 Pfd. Leinöl nimmt.

Diese hier angeführten Vorschriften lassen sich nicht immer direct anwenden, sondern es hängt zu sehr von der Beschaffenheit des Kalkes ab. Es ist daher rathsam, ja sogar nothwendig, in jedem einzelnen Falle besondere Mischungsproben vorher anzustellen.

Wenngleich auch die nach obigen Mischungsverhältnissen zusammengesetzten Mörtel in vieler Beziehung sicherlich ihren Zweck erfüllen, so ist es dennoch immer vorzuziehen, wenn es ohne zu große Opfer geschehen kann, daß man sich bei der Erzeugung des hydraulischen Mörtels des Trasses bediene.

Ein ganz vorzügliches Material zur Bereitung des hydraulischen Mörtels ist die Puzzolane. Dieselbe kommt in Deutschland nicht vor, weshalb man sie hier eigentlich übergehen könnte. Der Vollständigkeit halber soll jedoch das Erforderliche darüber angeführt werden.

Die Puzzolane, oder der vulkanische Tuff ist eine lockere, weiche, fast zerreibliche, aschgraue, gelblichbraune, schwarze, glanzlose Masse, im Bruch theils feinkörnig, eben, theils erdig, bald ziemlich frei von Einmengungen, bald verschiedene Fossilien und Felsarten in sich einschließend. Die Puzzolane ist ein vulkanisches Product, welches, fortgeschwemmt vom Wasser, an entfernteren Orten sich abgelagert hat.

Die italienische Puzzolane besteht aus	44,5	Kieselerde;
	15,0	Thonerde;
	8,8	Kalk;
	4,7	Magnesia;
	1,4	Kali;
	4,1	Natron;
	12,0	Eisen- und Titanoxyd;
	9,2	Wasser;
	99,7.	

Der Traß dagegen besteht aus	57,0	Kieselerde;
	16,0	Thonerde;
	2,6	Kalk;
	1,0	Magnesia;
	7,0	Kali;
	1,0	Natron;
	5,0	Eisen- und Titanoxyd;
	9,6	Wasser;
	99,2.	

Da nun vorzüglich der Ueberfluß an Eisen es ist, welcher, in Verbindung mit den anderen Stoffen, eine schnelle Erhärtung unter Wasser hervorbringt, so geht schon aus obigen Analysen von selbst hervor, daß der Traß nicht so kräftig wirkt als die Puzzolane.

In Toulon, wo zu den Dämmen des neuen Hafenbaues die Puzzolane zur Bereitung von hydraulischem Mörtel benutzt wurde, war das Mischungsverhältniß folgendes:

0,21	Theile	Kalk;
0,28	„	Puzzolane;
0,07	„	Hammerschlag;
0,14	„	Sand;
0,30	„	Steingrus;
1,00	„	

Wir haben schon oben eines hydraulischen Kalkes erwähnt, aus welchem sich hydraulischer Mörtel bereiten läßt. Beträgt dessen Thongehalt 20 bis 30 %, so erhärtet der daraus gebildete Mörtel unter Wasser sehr stark. Was die Bereitung desselben betrifft, so läßt er sich einlöschen, ohne daß man nöthig hat, ihn künstlich zu pulverisiren, und er bedarf dann noch eines starken Zusatzes von Sand, wenn er zu Mörtel verarbeitet wird. Enthält der Kalkstein 40 bis 60 % Thonerde, so läßt er sich nach dem Brennen nicht mehr löschen; er zerfällt dann weder an der Luft noch auch im Wasser und muß daher künstlich pulverisirt werden.

Muschelkalk nennt man denjenigen Kalk, der aus Seemuscheln und Austerschalen oder Schneckengehäusen gebrannt wird.

Um die Muschelschalen in Kalk zu verwandeln müssen sie dem äußersten Grade der Hellroth-Glühhitze ausgesetzt werden, und ist dabei kein Todtbrennen zu befürchten. Der Muschelkalk läßt sich nicht löschen wie der Steinkalk; eben so erfordert der aus Muscheln gebrannte Kalk eine weit geringere Menge Sand, als Steinkalk, weil einmal an und für sich der Kalk schon bedeutend magerer als der gewöhnliche Steinkalk ist, ferner aber auch beim Brennen schon einen nicht unbedeutenden Zusatz von Asche erhält, indem der Muschelkalk in hohen Kalköfen mit Torf gebrannt wird, die Muscheln und der Torf in abwechselnden Schichten in dem Ofen auf einander gelegt werden und in den Torfschichten nur die nöthigen Züge zur Zuführung der Luft und um das Umsichgreifen des Feuers zu begünstigen, angeordnet werden.

Die Angabe von John, daß man den Muschelkalkbrei wohl durchgeknetet einige Zeit in wohlverschlossenen Gruben sich mit der Feuchtigkeit ausgleichen läßt, und dadurch einen tauglichen Kalk zur Bereitung von Mörtel erhält, ist wohl nicht in allen Theilen richtig. Uebrigens wollen wir hierüber keine weiteren Untersuchungen anstellen, sondern wollen uns darauf beschränken, die Methode anzugeben, auf welche Weise man da, wo der Muschelkalk vielfach zur Anwendung kommt, denselben zubereitet.

Der Muschelkalk wird auf einen dichten Bretterboden aufgeschüttet und nur sehr wenig befeuchtet; alsdann wird derselbe mit eisernen Schlägeln

(Batzen) Fig. 21, die eine Länge von circa 21 Zoll haben und eine Breite von circa 1¾ Zoll, so lange bearbeitet und geschlagen, bis er vollkommen zusammen gebacken ist und förmlich zähe wird. Zu dieser Arbeit darf nur sehr wenig Wasser verwendet werden, und sagt ein altes Sprüchwort: „der Schweiß des Arbeiters soll den Kalk befeuchten, alsdann erhält er die Tugend zu erhärten." Nachdem der Kalk vollständig bearbeitet ist, wird derselbe mit dem Traß unter Zusatz von Wasser innig durchgearbeitet.

Für Mauerwerk über Wasser, welches aber zuweilen demselben ausgesetzt ist, setzt man den Mörtel aus 2 Theilen Muschelkalk, 1 Theil Sand und 1 Theil Traß zusammen, und ist die übrige Zubereitung eben dieselbe, wie die des Steinkalkmörtels.

Der Muschelkalk liefert auch mit einem Zusatz von Sand einen ausgezeichneten Luftmörtel, der nach vielfachen Erfahrungen eine größere oder doch wenigstens eben so große Haltbarkeit zeigt, als der mit Cement oder Traß versetzte Luftmörtel.

Den auf oben angegebene Weise geschlagenen Muschelkalk wendet man auch zum Uebertünchen der Mauern an, und hat derselbe die Tugend, daß er beim Ueberreiben nicht abfärbt.

Von vorzüglicher Wichtigkeit sind in neuerer Zeit die Cemente geworden und namentlich der Roman Cement.

Das Fossil, welches zur Cementbereitung angewendet wird, nennt man gewöhnlich Cementstein; es sind Kalksteinnieren, die einzeln in mächtigen Thonlagern liegen. Die Größe wechselt ab von der einer Faust bis zu der eines Menschenkopfes. Er hat eine gelbgraue, auch braune Farbe und ist mit vielen dünnen krystallinischen Kalkspathadern durchzogen, die gemeiniglich eine blaßgelbe Farbe haben. Sein Bruch ist sehr feinkörnig; angefeuchtet giebt er einen starken Thongeruch. Aehnliche Kalksteinnieren kommen auch mehrfach in Frankreich und Deutschland vor, wo man sie bereits ebenfalls vielfach zum Cemente benutzt.

Der Cementstein wird gebrannt, alsdann unter Mühlsteinen fein gemahlen, gesiebt und in ganz dichten Fässern verpackt. In diesem Zustande muß man ihn vor dem Zutritt der Luft schützen, weil er dadurch sehr schnell an seiner Güte verliert.

Die Bestandtheile dieses Cementsteines sind im ungebrannten Zustande nach Berthier's Analyse

65,7	kohlensaurer Kali;
0,5	kohlensaure Bittererde;
6,0	kohlensaures Eisenoxyd;
1,9	" Manganoxyd;
18,0	Kieselerde;
6,6	Thonerde;
1,3	Wasser;
100,0.	

Der daraus gebrannte Cement besteht aus

55,4	Kalk;
36,0	Thon und
6,0	Eisenoxyd;
97,4.	

Man kann den Cement ohne allen Zusatz von Sand benutzen, doch ist es besser und er erhärtet schneller, wenn man scharfen Sand beimengt; gewöhnlich nimmt man von beiden gleiche Theile. Der Mörtel muß unmittelbar vor dem Gebrauche zubereitet werden und ist es auch hier wieder vortheilhaft möglichst wenig Wasser anzuwenden. Dieser Mörtel erhärtet noch schneller als der Traßmörtel.

Wir haben noch über die Zubereitung des Béton zu sprechen und ohne auf die Benutzung desselben hier schon zu kommen, wovon erst bei den Fundirungen die Rede sein wird, sollen zunächst nur hauptsächlich einige der bewährtesten Mischungsverhältnisse desselben angegeben werden.

Der Béton besteht aus Bruchstücken von Steinen aller Art, als von zerschlagenen Kieseln, grobem Kiessand, Grand oder Ziegelbruchstücken, die von der Größe einer Wallnuß bis zur Größe der geballten Faust sind. Diese Steinstücke werden mit einem hydraulischen Mörtel verbunden.

Was die Steine betrifft, die man zum Béton verwendet, so ist es nothwendig, daß sie eine rauhe Oberfläche haben, damit der Mörtel daran gut haftet. Eine weitere Bedingung ist auch, daß die Steine an sich den gehörigen Härtegrad besitzen, weil sonst ein festes Mauerwerk daraus nicht hergestellt werden kann. Dieselben müssen ferner möglichst von gleicher Größe sein, und läßt man sie daher in der Art zerschlagen, daß ihr größter Durchmesser circa 2 Zoll beträgt. Die Steine werden vor ihrem Verbrauche von allen anhängenden erdigen Theilen möglichst gereinigt und darauf in Wasser getaucht oder auf irgend eine Art stark benetzt, weil sie sonst dem Mörtel die Feuchtigkeit zu schnell entziehen würden.

Um das Mischungsverhältniß zwischen den Steinen und dem Mörtel zu bestimmen, füllt man einen großen wasserdichten Kasten, dessen Cubikinhalt man kennt, mit den gehörig benetzten Steinstücken an, und beobachtet, wie viel Wasser man hinzugießen kann, bis dasselbe den Rand des Gefäßes erreicht. Der cubische Inhalt dieses Wassers bezeichnet genau die Größe der Zwischenräume. Hiernach würde bei dieser Art der Ablagerung eine gleiche Quantität Mörtel auch zur Füllung der Zwischenräume genügen; hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß in dem fertigen Béton die Steine durch den Mörtel verhindert werden, eine eben so dichte Lage wieder anzunehmen, wie früher, und es sind sonach die Zwischenräume wirklich bedeutend größer, weshalb auch ein größerer Zusatz an Mörtel gegeben werden muß, als sich nach der eben angeführten Messung ergiebt. Die Mischungsverhältnisse, die man wirklich dargestellt hat, sind aber nicht ganz übereinstimmend. Bei den Bétonfundiruugen einer Freiarche an der Lippe nahm man auf 144 Cubikfuß zerschlagener Steine 84 Cubikfuß Mörtel. Bei den Bétonfundirungen zu den Schleusen an der Ruhr

nahm man auf 12 Cubikfuß zerschlagener Steine 6 Cubikfuß Mörtel und erhielt daraus 13 Cubikfuß Béton.

Bei den Bétonfundirungen zu verschiedenen Arbeiten am Nordcanal wendete man folgende Mischungsverhältnisse an:

1) Zu 2 Theilen frischgebranntem Steinkalk kamen 1 Theil Traß, 1 Theil guter reiner Mauersand, 1 Theil grober Kies, 1 Theil zerschlagene Ziegelstücke, und 1 Theil zerschlagene Quarzstücke bis zur Größe eines Eies.

2) Ein besserer Bétonmörtel wurde erhalten aus der Mischung von 2 Theilen Steinkalk, $1\frac{1}{2}$ Theil Traß, $1\frac{1}{2}$ Theil Flußsand, 1 Theil durchgesiebtem Kies, 2 Theilen quarziger Steinstücke und 3 Theilen Ziegelstücken. Dieser Béton erhärtete im Wasser nach 8 bis 14 Tagen völlig.

3) Ein noch ungleich schneller im Wasser erhärtender Béton bestand aus 2 Theilen Steinkalk, 3 Theilen Traß, 1 Theil Mauersand, 2 Theilen Ziegelstücken und 2 Theilen eckigen Quarzstücken.

Die gehörige Vermengung des Mörtels mit den Steinstücken, wodurch der Béton entsteht, wird dadurch sehr mühsam, daß der Mörtel nicht viel Wasser enthalten darf, sondern möglichst steif sein muß, wenn er schnell erhärten und einen hinreichenden Grad von Festigkeit erhalten soll. Es ist daher ein kräftiges und anhaltendes Durcheinanderarbeiten der Masse durchaus erforderlich und muß dieses so lange fortgesetzt werden, bis eine vollständige Vermischung hergestellt und alle Oberflächen der Steine mit Mörtel bedeckt sind. Bei Anwendung kleinerer Bétonmassen wird diese Mischung durch Handarbeit dargestellt; bei Anwendung größerer Massen bedient man sich meistentheils besonderer Bétonmaschinen. Bei den Schleusenbauten an der Ruhr hatte man eine Maschine, die aus einer achtseitigen prismatischen Trommel von Holz bestand und an einer durchgehenden eisernen Achse befestigt war und mit dieser sich umdrehen ließ. Die Achse lag horizontal und erhielt ihre Bewegung durch eine Dampfmaschine. Durch die Drehung der Trommel wurde der innerhalb derselben befindliche Béton immer gehoben und stürzte in ähnlicher Weise zurück, als wenn er mit dem Spaten aufgeworfen würde. Die Trommel war 6 Fuß lang und 3 Fuß weit und machte in der Minute etwa neun Umdrehungen. Die eine Seite der Trommel bestand aus einer zu öffnenden Klappe, durch welche man die 12 Cubikfuß Steine und 6 Cubikfuß Mörtel hineinschüttete. Nach achtzehn Minuten war die Durcharbeitung vollständig erfolgt und alsdann die Trommel durch die zu öffnende Klappe entleert, indem die Maschine angehalten wurde, während die Klappe sich unten befand.

§. 19. Vom Holze.

Ohne uns auf weitläufige Untersuchungen über die verschiedenen in der Baukunst anzuwendenden Hölzer einzulassen, wollen wir uns hier nur darauf beschränken, diejenigen Hölzer näher anzuführen, welche beim Brückenbau Anwendung finden.

Die beim Brückenbau vorkommenden Hölzer sind namentlich folgende: das Eichenholz, das Tannen-, Kiefern- oder Föhren- und Fichtenholz, ferner das Buchenholz und auch wohl das Erlenholz.

Das Eichenholz ist unter den genannten Holzarten das schwerste, festeste und dauerhafteste, sowohl in der Luft als im Wasser und unter Abwechselungen von Luft und Wasser. Man unterscheidet jedoch wieder die Sommer- oder Stieleiche und die Winter- oder Steineiche. Das Holz der letzteren ist noch fester als das der ersteren.

Die Eiche gedeiht am besten auf tragbarem, frischem und nicht zu feuchtem Boden; dagegen auf sandigem, steinigem Lande und auf hohen Bergen gedeiht sie weniger. Sie behält im letzteren Falle immer ein unvollkommenes und verkümmertes Aussehen.

Die Fällzeit des Eichenholzes ist jedenfalls im Winter am geeignetsten; nicht allein deswegen, weil der Baumstamm in dieser Jahreszeit weniger saftreich ist, als im Frühjahr oder Sommer, und mithin das gefällte Holz schneller austrocknet, sondern auch deshalb, weil bei hartgefrorenen Wegen das Ausfahren des gefällten Holzes leichter zu beschaffen ist. Bei dem im Sommer gefällten Eichenholze entsteht sehr leicht das sogenannte Feuer, welches eine baldige Fäulniß des Holzes nach sich zieht, wenn dasselbe nicht fortwährend unter Wasser sich befindet. Gleich nach dem Fällen wird der Baum entrindet oder doch waldrecht behauen, wodurch der dann entblößte Splint schneller erhärtet und somit die Insecten in denselben nicht so leicht einbohren können.

Man benutzt das Eichenholz namentlich vielfach zu solchen Gegenständen, die abwechselnd der Nässe und der Trockenheit ausgesetzt sind, oder die eine besondere Festigkeit und Härte erfordern. Im Wasser ist das Eichenholz unvergänglich und daher zu Grundpfählen am brauchbarsten. Das Eichenholz hat nur eine geringe Elastizität, aber eine sehr bedeutende Tragkraft.

Ein Cubikfuß trocknes Eichenholz wiegt 46 bis 50 Pfund.

Die Tanne, Edeltanne, Weiß- oder Silbertanne.

Das Holz derselben hat eine reine, schön weiße, sehr wenig ins Gelbliche spiegelnde Farbe, die aber, wenn der Baum auf einem feuchten Boden gewachsen ist, mehr ins Blaßröthliche spielt.

Das Tannenholz ist sehr elastisch und eignet sich ganz vorzüglich zu größeren Constructionen; es muß jedoch vor den Einflüssen der Witterung und gegen abwechselnde Nässe und Trockenheit geschützt werden. Ist das Holz fortwährend unter Wasser, so ist es von langer Dauer.

Ein Cubikfuß trocknes Tannenholz wiegt 29 bis 31 Pfund.

Die Kiefer, Föhre, Kiene oder der Kienbaum.

Die Güte des Holzes der Kiefer ist von der Beschaffenheit des Bodens, worauf dieselbe wächst, sehr abhängig. Das auf einem trocknen, mit Lehm vermischten Lande wachsende Kiefernholz ist das gesündeste. Kiefern dagegen, die auf feuchtem, schwarzem Grunde, unter Buchen und anderem Laubholze wachsen, haben zwar oft ein gesundes schönes Aussehen und liefern auch starke Baumstämme, es zeigen sich aber bald nach dem Verbrauche nicht selten Spuren des Schwammes daran.

Das Holz der Kiefer ist fest; bei abwechselnder Nässe und Trockenheit ist es aber sehr bald der Fäulniß unterworfen und in dieser Beziehung dem Eichenholze sehr nachstehend. Unter Wasser dagegen zeigt sich dasselbe sehr dauer-

haft, weshalb man es auch sehr zweckmäßig und vielfach zu Pfahlrosten verwendet.

Das Kiefernholz ist eins der härtesten Nadelhölzer und ziemlich elastisch, jedoch spröder als das Tannenholz. Ein Cubikfuß harziges trocknes Kiefernholz wiegt 39 bis 41 Pfund. Das frische harzige Holz vom Kern wiegt 47 bis 48 Pfund.

Die gemeine Fichte.

Das Fichtenholz hat eine röthlichgelbe Farbe, der Kern ist etwas geadert. Es hat eine ziemlich dicke mit Harz durchdrungene Holzrinde.

Bei abwechselnder Nässe und Trockenheit stockt und verfault das Fichtenholz sehr bald, wenn es immer unter Wasser steht, hält es sich dagegen außerordentlich gut, wie Venedig und Amsterdam davon Beweise geben, wo es zu Grundpfählen, Rosten und dergleichen Arbeiten verbraucht worden ist.

Ein Cubikfuß trocknes Fichtenholz wiegt 24 bis 33 Pfund.

Die gemeine Buche, Rothbuche.

Das Holz derselben ist überhaupt ein dichtes, hartes und festes Holz. Als Bauholz hat es im Ganzen wenig Werth. Der Witterung ausgesetzt, hält es sich nicht lange, es schwindet beträchtlich und wird leicht von Würmern angegriffen; bei abwechselnder Nässe und Trockenheit ist es sehr leicht der Fäulniß unterworfen. Dagegen ist es sehr brauchbar im Wasser, vorzüglich zu Grund- und Spundpfählen, die aber der allgemeinen Erfahrung gemäß angewendet werden müssen, wenn das Holz noch grün und saftig ist, weil sie sich sonst krumm ziehen.

Ein Cubikfuß trocknes Buchenholz wiegt 44 bis 50 Pfund.

Die gemeine Erle oder Eller.

Die Farbe des jungen Erlenholzes ist gewöhnlich weiß, das ältere oder reifere Holz ist röthlich-braun. Es hat breite Jahresringe, kleine Spiegelfasern, ein gleichförmiges Gefüge, ist aber nicht sehr hart und fest und nicht beträchtlich zähe. Im Wasser ist das Holz unvergänglich, dagegen bei abwechselnder Nässe und Trockenheit dem schnellen Verfaulen unterworfen. Man wendet es daher hauptsächlich zu Pilotagen und anderen Grundarbeiten an, die fortwährend unter Wasser sich befinden.

Ein Cubikfuß trocknes Erlenholz wiegt 38 bis 43 Pfund. Ein Cubikfuß frisches Holz wiegt 47 bis 50 Pfund.

Zum Schluß soll hier noch des Lerchenbaums Erwähnung geschehen.

Derselbe kommt in Deutschland im Allgemeinen nicht häufig vor, wenngleich er unter allen Nadelhölzern das schnellste Wachsthum hat und gleichzeitig auch das nützlichste Bauholz liefert, weil es außerordentlich elastisch, dicht und zähe ist. Es ist noch weit dauerhafter als das Kiefernholz und erhält sich auch in abwechselnder Nässe und Trockenheit länger als dieses. Es ist wegen seiner Elastizität nicht allein sehr tauglich zu den größten Constructionen, sondern auch sehr anwendbar zu Pfahlrosten, indem es im Wasser unvergänglich ist.

§. 20. Vom Eisen.

Das Eisen kommt in zwei verschiedenen Zuständen beim Brückenbau zur Anwendung, und zwar als Gußeisen und als Stab- oder Schmiedeeisen, welche beide Arten aber in Verbindungen von Eisen mit Kohlenstoff bestehen und in chemischer Hinsicht sich nur durch die Menge des letzteren unterscheiden.

Das Gußeisen läßt sich in folgende drei Arten eintheilen:

1) Dunkelgraues Eisen von grobem, rundlichem Korn entsteht, wenn ein Ueberschuß an Kohle im Ofen vorhanden ist. Es ist sehr dickflüssig und sprüht dabei blaue Funken. Auf der Oberfläche bilden sich sehr schnell krystallinische Vegetationen in feinen Verästelungen aus; es erstarrt dabei nur langsam, nach dem Erkalten ist die Oberfläche glatt, concav und oft mit Blättchen von Graphit bedeckt. Es besitzt nur eine mittlere Festigkeit und feilt sich leicht.

2) Graues Gußeisen. Dasselbe ist von etwas hellerer Farbe und weniger grobkörnig als das vorhergehende; es ist sehr fest, dabei aber doch leicht zu drehen, zu feilen und zu bohren; man nennt dieses Eisen auch gemeines oder gahres Gußeisen. Schmieden läßt es sich jedoch nicht, da es beim Glühen zwar so weich und mürbe wird, daß es sich mit einer gewöhnlichen Holzsäge leicht schneiden läßt, unter dem Hammer aber aus einander fliegt.

3) Das weiße Gußeisen. Dieses entsteht durch mehrmaliges Umschmelzen der zweiten Sorte; es ist spröde, von hellgrauer oder fast weißer Farbe. Es fließt unvollkommen, unter sehr lebhaftem glänzendem Funkensprühen, erstarrt schnell und zeigt nach dem Erkalten unregelmäßige Hervorragungen und eine äußerst rauhe Oberfläche. Dabei ist es leicht zerbrechlich, von blätterig strahligem Gefüge und so hart, daß es selbst von gehärtetem Stahl nicht angegriffen wird. Man benutzt es nie zu Maschinentheilen, sondern nur zu Gewichten und dergleichen untergeordneten Gegenständen.

Das graue Gußeisen läßt sich noch wieder in zwei Unterarten eintheilen und zwar in lichtgraues und schwarzgraues Gußeisen.

Das lichtgraue Eisen hat alle Eigenschaften, die zur Anwendung in der Baukunst und namentlich zum Brückenbau erforderlich sind.

Das schwarzgraue Eisen ist jedoch spröder im Bruche und daher nicht so anwendbar, als ersteres.

Diese verschiedenartigen Beschaffenheiten des Gußeisens haben ihren Grund theils in der chemischen Zusammensetzung des Erzes, theils aber auch in dem Verschmelzungsverfahren, in der Beschaffenheit der Kohle und anderer Zuschläge, vermöge welcher die Abtrennung des Eisens aus dem Erze bewirkt wird, in der Art der Erstarrung des geschmelzten Metalles und in unzähligen andern Umständen, die auf den Schmelzprozeß Einfluß haben, hier aber nicht weiter erörtert werden sollen.

Wie nun auch das Gußeisen beschaffen sein möge, so ist es doch immer spröde, welche Sprödigkeit aber durch ein schnelles Abkühlen befördert und durch ein langsames Abkühlen vermindert wird. Die durch ein zu schnelles Abkühlen hervorgerufene größere Sprödigkeit läßt sich aber wieder dadurch zum

großen Theil beseitigen, wenn man das Eisen bei einem lebhaften Feuer nochmals durchglüht und alsdann sehr langsam abkühlen läßt, wobei das Eisen aber nicht hohl liegen darf, weil es sonst Krümmungen erhält.

Es geht hieraus hervor, daß die für Bauzwecke zu verfertigenden Gußarbeiten mit vieler Vorsicht hergestellt werden müssen, und muß der Guß nur in trockenem Sande geschehen, weil in nassem Sande die Abkühlung schneller erfolgt, und somit das Eisen spröder wird. Ist die Gestalt der zu gießenden Eisenstücke einigermaßen verwickelt und erfordert sie eine besondere Genauigkeit, so ist es immer am besten, eiserne Formflaschen dazu in trockenen Sand gießen zu lassen, deren Kern aus Thon besteht.

Namentlich bei Aufführung einer eisernen Brücke muß sowohl die Auswahl als auch die Behandlung des Eisens zu derselben mit der größten Sorgfalt geschehen, und dieses noch um so mehr, da hierbei sich die Tragkraft des Eisens noch viel weniger bestimmt, als bei hölzernen Brücken ermitteln läßt.

Uebrigens verwendet man auch das Gußeisen zu größern Platten, Scheiben und dergleichen Arbeiten; eben so stellt man auch Rammbären daraus her.

Ueber die verschiedenen Festigkeiten des Eisens erfolgt weiter unten das Nähere.

Das Stab- oder Schmiedeeisen.

Die Umwandlung des Gußeisens in Stabeisen geschieht durch Affiniren des Roheisens, Puddeln und durch Zängen und Auswalzen des gepuddelten Eisens. Es ist hier nicht der Ort, darauf weiter einzugehen, wie diese Operationen ausgeführt werden.

Das Stab- oder Schmiedeeisen enthält nur noch einige Spuren von Kohlenstoff und andern fremdartigen Beimischungen. Es hat eine graue Farbe und einen mehr oder weniger faserigen und sehnigen Bruch, ist bedeutend fest, sehr zähe, dehnbar und geschmeidig, sowohl glühend als kalt. Dasselbe hat aber nur wenig Elastizität. Durch Glühen und schnelles Ablöschen erhält es eine größere Härte und verschiedene Grade von Elastizität, so wie das Gußeisen durch Glühen und langsames Abkühlen weicher und weniger spröde wird.

Um die Güte des Stabeisens zu erkennen, so ist Folgendes darüber zu bemerken:

Das beste Stabeisen läßt sich mehrmals hin- und herbiegen und knickt ein, ehe es bricht, und zwar bricht es dann mit hervorstehenden, scharfspitzigen, sehnigen Fasern. Zu den Hauptfehlern des Stabeisens gehört die Kaltbrüchigkeit und die Rothbrüchigkeit.

Kaltbrüchiges Stabeisen nennt man diejenige Art des geschmiedeten Eisens, welches sich kalt weder hämmern, strecken, ziehen, noch biegen läßt. Beim Biegen bricht es gemeiniglich in geraden Flächen ab. Sein Bruch ist weiß, es hat ein glänzendes grobes Korn und je gröber das Korn ist, um so kaltbrüchiger ist das Eisen.

Rothbrüchiges Stabeisen wird dasjenige Eisen genannt, welches sich zwar bei dem Weißglühen und kalt, ohne zu reißen oder zu brechen, schmieden und strecken läßt, in der dunklen Rothglühhitze aber spröde ist, reißt und berstet. Es hat eine blaugraue Farbe und ist im Bruche gewöhnlich undicht. Das

Schmiedeeisen findet bei einem jeden Brückenbaue, er mag noch so klein sein, seine Anwendung; man verwendet es zu Ankern, Klammern, Bolzen, Schienen, Schraubenbändern u. s. w.; übrigens wird es auch vielfach zum Baue eiserner Brücken angewendet und bei Hängebrücken macht es das Hauptmaterial aus.

Aus dem oben Gesagten geht also die Wichtigkeit des Eisens zur Genüge hervor und soll daher in den folgenden Paragraphen über die verschiedenen Festigkeiten des Eisens noch das Weitere angeführt werden.

§. 21. Von der Festigkeit der Körper.

Nachdem wir in den vorhergehenden Paragraphen dieses Capitels die verschiedenen Materialien, welche beim Brückenbau zur Anwendung kommen, angeführt haben, bleibt noch ein sehr wichtiger Theil übrig, nämlich die Festigkeit der Körper zu untersuchen.

Beim Brückenbau, so wie auch überhaupt bei allen Gegenständen der Baukunst, ist es von großer Wichtigkeit, allen Theilen eine solche Stärke und Festigkeit zu geben, daß sie bei ihrer Anwendung nicht zerreißen, sich nicht übermäßig biegen oder gar brechen, welche Umstände, wenn sie eintreten, für das Bauwerk nur nachtheilig werden können. Eben so dürfen aber auch diese Theile nicht so stark und massiv gemacht werden, daß dadurch der Kostenaufwand unnöthig vermehrt, oder durch ihre größere Schwere ein vergrößerter Widerstand der Bewegung hervorgerufen werde. Um daher hierüber ein annähernd richtiges Urtheil fällen zu können, ist es durchaus nothwendig die Festigkeit der einzelnen Körper zu untersuchen.

Ein jeder Körper besteht aus unendlich vielen kleinen Theilchen, die auf eine unbekannte Art an einander hängen. Diesen Zusammenhang oder die Kraft, mit welcher der Körper der Trennung seiner Theile widersteht, nennt man Cohäsion oder seine Festigkeit.

Dieselbe Kraft aber, welche die Theilchen eines festen Körpers zusammen hält, wirkt auch, um die Theilchen zweier vorher getrennter Körper zusammen zu halten, sobald man nur im Stande ist, sie in eine hinreichend innige Berührung zu bringen. Dieses Aneinanderhaften zweier Körper wird mit dem Namen Adhäsion bezeichnet.

Dieselbe zeigt sich nicht allein zwischen gleichartigen, sondern auch zwischen verschiedenartigen Körpern. Besonders stark zeigt sich die Adhäsion verschiedenartiger Körper, wenn ein flüssiger Körper mit einem festen Körper in Berührung gebracht und dann durch Erkalten oder durch Verdunstung des Lösungsmittels fest wird.

Der Zusammenhang oder die Verbindung der Bestandtheile zweier Körper ist aber nicht immer durchaus erforderlich zur Festigkeit. Man kann sich z. B. ein Gewölbe aus trockenen, neben einander liegenden Gewölbsteinen denken, und ein solches noch mit einer ansehnlichen Last beschwert. Hier findet keine Adhäsion Statt, sondern es ist eine Verspannung eines aus mehreren Theilen zusammen gesetzten Körpers, die vermöge ihrer Schwere abwärts streben, und somit gegen einander drücken und sich gegenseitig unterstützen und verspannen.

Alle Körper sind fähig ihre Gestalt zu verändern, d. h. die Theilchen, woraus ein Körper besteht, können entweder durch Spannung, durch Zusammendrückung oder durch Drehung verschoben und somit der frühere Gleichgewichtszustand mehr oder weniger vernichtet werden. Hat nun ein Körper die Eigenschaft, daß beim Aufhören der einwirkenden Kraft, durch welche die Theilchen verschoben wurden, diese wieder in ihre frühere Gleichgewichtslage zurück kehren, wenn die durch äußere Kräfte veranlaßte Verschiebung gewisse Grenzen nicht überschritten hat, so nennt man denselben „elastisch."

Nicht alle Körper aber sind gleich elastisch; es giebt Körper, deren Theilchen selbst nach bedeutender Verschiebung doch wieder vollkommen in ihre frühere Lage zurückkehren; diese werden vollkommen elastisch genannt. Andere Körper hingegen sind nur in geringem Grade elastisch, sie können keine große Verschiebung der Theilchen ertragen, ohne daß der frühere Gleichgewichtszustand aufgehoben wird. Solche Körper nennt man dann „unvollkommen elastisch."

Ist, um eine Verschiebung der Theilchen eines Körpers hervor zu bringen, eine große Kraft nöthig, so nennt man denselben „hart." Ein Körper hingegen, dessen Theilchen sich schon durch eine geringe Kraft verschieben lassen, wird weich genannt.

Sobald die Kraft, welche auf einen Körper wirkt, so groß ist, daß die Theilchen desselben über die Elastizitätsgrenze hinaus verschoben werden, hört der Zusammenhang entweder ganz auf und der Körper zerbricht, oder die Theilchen ordnen sich zu einem neuen stabilen Gleichgewichtszustande. Im ersteren Falle nennt man dann den Körper spröde, im letzteren dagegen dehnbar.

Der zwischen den einzelnen Theilchen eines festen Körpers stattfindende Zusammenhang oder seine Festigkeit läßt sich durch Zerreißen, durch Zerbrechen, durch Zerwinden (Abdrehen) oder durch Zerdrücken aufheben, und unterscheidet man daher, je nachdem die Festigkeit des Körpers der einen oder der anderen in oben benannter Weise auf denselben wirkenden Kraft Widerstand leistet:

1) die absolute Festigkeit;
2) die relative Festigkeit;
3) die rückwirkende Festigkeit.

Die absolute Festigkeit ist diejenige Kraft eines Körpers, mit welcher derselbe dem Zerreißen widersteht, wenn er der Länge nach angespannt wird. Dieser Widerstand hängt aber nun offenbar auch von dem Querschnitt des zu zerreißenden Körpers ab, und zwar ist er diesem Querschnitte proportional; denn es muß der Zusammenhang von zwei=, drei= oder viermal so viel Theilchen aufgehoben werden, wenn der Querschnitt eines Körpers zwei=, drei= oder viermal so groß gemacht wird.

Die relative Festigkeit ist diejenige Kraft eines Körpers, mit welcher derselbe dem Zerbrechen widersteht. Beschwert man z. B. einen an beiden Enden unterstützten, oder mit einem Ende in der Mauer so befestigten Balken, daß er sich nicht bewegen kann, in der Mitte oder am anderen Ende mit einem Gewicht, bis der Balken bricht, so nennt man in beiden Fällen den Widerstand dagegen „die relative Festigkeit."

Die rückwirkende Festigkeit ist diejenige Kraft eines Körpers, mit welcher derselbe dem Zerdrücken oder Zerknicken widersteht. Stellt man z. B. den Körper auf eine feste Unterlage, und belastet ihn senkrecht, bis er zermalmt oder zerdrückt ist, so heißt der Widerstand, welchen der Körper dieser Zerstörung entgegensetzt, „die rückwirkende Festigkeit."

Uebrigens stehen die relative Festigkeit, so wie auch die rückwirkende Festigkeit in einem innigen Verhältnisse zur absoluten Festigkeit.

Um die Festigkeit verschiedener Materialien gegen Zerreißen, oder gegen Zerbrechen oder gegen Zerdrücken leicht mit einander vergleichen zu können, nimmt man irgend eine Einheit für den Querschnitt der zu prüfenden Körper an, und ermittelt dann, wie groß die Kraft ist, in Pfunden ausgedrückt, welche erfordert wird, um einen Körper, dessen Querschnitt dieser Einheit gleich ist, entweder zu zerreißen, oder zu zerbrechen oder zu zerdrücken. Diese in Pfunden ausgedrückte Kraft ist alsdann jedesmal das Maß der Festigkeit.

§. 22. Von der absoluten Festigkeit.

Wenn man einen prismatischen Körper an einem Ende befestigt, dagegen an dem anderen Ende eine Kraft anbringt, die in der verlängerten Richtung beider Endpunkte wirkt, so wird die absolute Festigkeit des Körpers in Anspruch genommen.

Vielfache Versuche, die auf diese Weise über die absolute Festigkeit verschiedener Körper angestellt worden sind, haben das Resultat geliefert, daß alle Körper durch angehängte Gewichte mehr oder weniger ausgedehnt werden. Bleiben diese Belastungen innerhalb einer bestimmten Grenze, so treten die Theilchen des Körpers nach Abnahme der angehängten Gewichte wieder in ihre vorige Lage zurück und nehmen ihre ursprüngliche Gestalt wieder an, so daß man also die Körper innerhalb dieser Grenze als unvollkommen elastisch annehmen kann.

Wird aber diese Grenze überschritten, so bleiben die Körper nach Abnahme der Gewichte zwar noch elastisch, sie haben jedoch eine größere Länge erhalten. Werden dann die angehängten Gewichte noch weiter vermehrt, so tritt eine völlige Trennung der Theilchen des Körpers ein und der Körper zerreißt.

Mit Versuchen über die absolute Festigkeit verschiedener Materialien haben sich verschiedene Gelehrte vielfach beschäftigt und sollen in Folgendem die wichtigsten dieser Versuche mitgetheilt werden, und zwar zunächst mehrere Versuche über die absolute Festigkeit des Eisens, zumal dieses in neueren Zeiten eine immer größere Anwendung findet.

§. 23. Die absolute Festigkeit des Eisens.

Bei den Versuchen, welche Brown über die absolute Festigkeit des Gußeisens anstellte, wurde ein fünfviertelzölliger Quadratstab von 3 Fuß 6 Zoll (in englischem Maße) bei einer Belastung von 11 Tons und 7 Centnern zer-

rissen; folglich würde auf 1 rheinländischen Quadratzoll der Durchschnittsfläche eine Belastung von 16,536 Berliner Pfunden kommen.

Rennie stellte ebenfalls Versuche dieser Art an. Er nahm dazu Stäbe, welche nur $\frac{1}{4}$ engl. Zoll Dicke und Breite hatten. Einer derselben war in einer horizontal liegenden Form gegossen und wurde durch eine Belastung von 1166 Pfunden zerrissen. Der andere dagegen war in einer senkrecht stehenden Form gegossen und konnte mit 1218 Pfunden belastet werden.

Es würde hiernach ein rheinländischer Quadratzoll des horizontal gegossenen Eisens 19,013 Berliner Pfunde zum Zerreißen erfordern, da hingegen ein rheinländischer Quadratzoll des senkrecht gegossenen Eisens erst durch 19,682 Berliner Pfunde zerrissen werden kann.

Hieraus ist deutlich zu ersehen, daß auch die Art des Gusses des Metalls unter übrigens ganz gleichen Umständen auf die Festigkeit des Gußeisens einen bedeutenden Einfluß hat.

Was die absolute Festigkeit des Stabeisens betrifft, so sind darüber von verschiedenen Baumeistern sehr schätzbare Versuche angestellt, bei welchen auch gleichzeitig die Ausdehnungsfähigkeit des Eisens beobachtet wurde.

Die über absolute Festigkeit des Eisens angestellten Versuche von Telford sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Eisengattung.	Dimensionen in englischen Zollen ausgedrückt.	Gewicht zum Zerreißen.	Gewicht zum Zerreißen eines rheinländischen Quadratzolles in Berliner Pfunden.
Süd-Walliser Eisen.	$1\frac{3}{8}$ Zoll im Durchmesser.	43 Tons 11 Ctnr.	67,325 Pfund.

Der versuchte Stab war 2 Fuß $2\frac{3}{4}$ Zoll lang und verlängerte sich bis 2 Fuß $6\frac{7}{8}$ Zoll.

Der Durchmesser der Bruchfläche war $1\frac{1}{8}$ Zoll.

Staffordshirer Eisen.	$\frac{3}{4}$ breit, $\frac{3}{4}$ dick.	15 Tons $5\frac{3}{4}$ Ctnr.	61,290 Pfund.

Der versuchte Stab war 1 Fuß $5\frac{1}{8}$ Zoll lang und hatte sich bis 1 Fuß $11\frac{1}{4}$ Zoll verlängert. Jede Seite des Quadrats war auf der Fläche, wo der Riß stattfand, 0,6 Zoll lang. Bei einer Belastung von 12 Tons war die Ausdehnung des Eisens merkbar.

Staffordshirer Eisen.	$1\frac{1}{12}$ breit, $1\frac{1}{12}$ dick.	32 Tons 6 Centner 4 Pfund.	63,200 Pfund.

Der 1 Fuß $7\frac{1}{4}$ Zoll lange Stab hatte sich bis 1 Fuß $9\frac{1}{4}$ Zoll verlängert. Die Fläche wo der Riß stattfand, war $\frac{5}{6}$ Zoll dick und breit.

Walliser Eisen.	1 breit, 1 dick.	29 Tons.	66,051 Pfund.

Bis zum erfolgenden Risse hatte sich der Stab auf 12 Zoll um $2\frac{3}{8}$ Zoll ausgedehnt.

4 *

Eisengattung.	Dimensionen in englischen Zollen ausgedrückt.	Gewicht zum Zerreißen.	Gewicht zum Zerreißen eines rheinländischen Quadratzolles in Berliner Pfunden.
Schwedisches Eisen.	1 breit 1 dick.	29 Tons.	66,051 Pfund.
Das Eisen verlängerte sich weniger, wie das vorhergehende und der Riß erfolgte an einer unganzen Stelle.			
Aus altem Eisen zusammengeschweißter Stab, von der Rohrhütte.	1 breit 1 dick.	29 Tons.	66,051 Pfund.

Aus diesen Versuchen erhält man nun als Mittelwerth das Maß der absoluten Festigkeit des Stabeisens gleich 64,994 Pfund.

Auch Eytelwein hat über die absolute Festigkeit des Stabeisens Versuche angestellt, welche in seinem Handbuche der Statik fester Körper, II. Band, S. 188, angeführt sind. Es heißt daselbst:

1. Versuch. Eine 18 preußische Zoll lange Stange von geschmiedetem schlesischen Eisen, deren Querschnitt ein Quadrat bildete, dessen Seiten 6 Linien groß waren, zerriß durch eine Kraft von 21,160 preußischen Pfunden.
2. Versuch. Eine eiserne Stange von denselben Abmessungen, welche vor dem Zerreißen mit der ersten verglichen, durchaus keinen Unterschied bemerken ließ, zerriß bei 17,500 Pfunden.
3. Versuch. Eine Stange von geschmiedetem schlesischen Eisen von 2 Linien im Geviert, zerriß bei 2600 Pfund.
4. Versuch. Eine der vorigen dem Anschein nach ganz gleiche Stange Eisen wurde von 1780 Pfund zerrissen.

Das Mittel aus den beiden ersten Versuchen giebt für $1/4$ Quadratzoll 19,360 Pfund, also für das Maß der absoluten Festigkeit für den Quadratzoll 77,440 Pfund. Aus den beiden letzteren Versuchen erhält man von $1/36$ Quadratzoll als Mittelwerth für die absolute Festigkeit 2190 Pfund, also für das Maß der absoluten Festigkeit 78,840 Pfund. Als Mittelwerth für die absolute Festigkeit des geschmiedeten schlesischen Eisens erhält man aus den beiden obigen Werthen 78,140 Pfund.

Vergleicht man diesen Mittelwerth mit den oben angegebenen Werthen für die absolute Festigkeit des Eisens, welche Brown, Rennie und Telfort gefunden haben, so ergiebt sich daraus, daß einmal das Schmiedeeisen eine bedeutend größere absolute Festigkeit hat als das Gußeisen, ferner aber auch, daß die absolute Festigkeit bei dünnen geschmiedeten eisernen Stangen größer ist, als bei dickern, indem bei der Bearbeitung der Metalle die dünnen Stangen mehr

gehämmert werden, als die dickern und daher bei ersteren auch eine größere Zusammenpressung der Theilchen stattfindet.

Sehr interessant sind in dieser Beziehung die Versuche von Soufflet und Rondelet, welche zu ihren Versuchen eiserne Stangen angewendet hatten, die vorher umgeschmiedet worden waren.

In folgender Tabelle sind die Resultate dieser Versuche mitgetheilt.*)

	Breite des Eisenstabes in Linien ausgedrückt.	Dicke des Eisenstabes in Linien ausgedrückt.	Querschnittsfläche des Eisenstabes.	Gewicht, bei welchem der Stab zerriß.	Berechnetes Gewicht um 1 Quadratzoll rheinländisch zu zerreißen.
Nr. 1.	$2\frac{2}{3}$	$2\frac{1}{4}$	6 □Linien.	3542 Pfund.	82,915 Pfund.
Der Bruch hatte hervorstehende spitzige Fasern und das Eisen war durchaus sehnig.					
Nr. 2.	$2\frac{2}{3}$	2	$5\frac{1}{3}$ □Linien.	$33\frac{1}{4}$ Pfund.	88,844 Pfund.
Der Bruch war wie bei dem vorhergehenden Stabe.					
Nr. 3.	6	$2\frac{1}{2}$	15 □Linien.	6157 Pfund.	57,660 Pfund.
Der Bruch zeigte nicht durchaus sehnige Fasern, sondern war etwas körnig.					
Nr. 4.	5	$2\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{2}$ □Lin.	4874 Pfund.	55,780 Pfund.
$\frac{2}{3}$ der Bruchfläche waren sehnig, das Uebrige mittelmäßig körnig.					
Nr. 5.	$5\frac{1}{2}$	3	$16\frac{1}{2}$ □Lin.	5524 Pfund.	47,020 Pfund.
Die Bruchfläche war zur Hälfte sehnig.					
Nr. 6.	6	3	18 □Linien.	15,600 Pfund.	121,735 Pfd.
Der Bruch war durchaus sehnig und der Stab hatte sich um $10\frac{1}{2}$ Linien verlängert.					
Nr. 7.	6	3	18 □Linien.	7800 Pfund.	59,866 Pfund.
Die Bruchfläche war auf $\frac{1}{3}$ grobkörnig.					
Nr. 8.	6	3	18 □Linien.	5857 Pfund.	45,650 Pfund.
Ueber die Hälfte der Bruchfläche war grobkörnig.					
Nr. 9.	3	2	6 □Linien.	3635 Pfund.	85,120 Pfund.
Der Bruch war nicht durchaus sehnig.					
Nr. 10.	Dieser Stab war rund und hatte 3 Linien im Durchmesser.		$7\frac{1}{4}$ □Linien.	6600 Pfund.	131,099 Pfd.
Der Bruch war durchaus sehnig und hatte sich um 8 Linien verlängert.					

Rondelet zieht nun aus diesen Versuchen folgende Schlüsse.

Das Eisen, welches nicht umgeschmiedet wird, hat eine größere absolute Festigkeit, je feinkörniger es ist; das grobkörnige Stabeisen oder das mit strahlig blätterigem Gefüge, ist nur halb so haltbar, als das feinkörnige. Ferner wird die Haltbarkeit des Stabeisens durch das Umschmieden bedeutend erhöht; das Stabeisen widersteht aber vermöge seiner Festigkeit, der Einwirkung des Hammers, oder der dehnenden Kraft im Verhältniß seiner Dicke. Die absolute

*) Aus Rondelet, Kunst zu bauen, I. Band, übersetzt von Distelbarth.

Festigkeit nimmt von der Oberfläche nach der Achse des Stabes hin ab, weil die Seite, welche beim Schmieden auf dem Ambos liegt, durch die Gegenwirkung einen beinahe eben so starken Eindruck erleidet, als die andre von den Schlägen des Hammers, woraus folgt, daß bei dem umgeschmiedeten Stabeisen die Haltbarkeit im geraden Verhältnisse seiner Oberfläche und im umgekehrten Verhältnisse seiner Dicke zunimmt.

Rondelet machte ferner die Bemerkung, daß das stärkste Stabeisen dasjenige sei, welches vermittelst des Umschmiedens von körnigem in durchaus sehniges verwandelt werde, dessen Bruch also ausgerissen erscheine. Ferner leiste ganz sehniges Stabeisen viermal größeren Widerstand, als grobkörniges mit spiegelnden Flächen; dreimal größeren als Stabeisen von mittlerem Korn und doppelt so vielen, als feinkörniges. Derselbe fügt noch hinzu, daß die Gewalt des Hammers, welche das nähere Zusammenrücken der Massentheile des Eisens in dem Stücke bewirkt und es in sehniges verwandelt, bei dicken viereckigen Stangen nicht mehr als eine halbe Linie und bei dem dünnen oder halbflachen Eisen etwas mehr als zwei Linien eindringt, so daß das am besten umgeschmiedete durchaus sehnige Eisen nicht über 3 bis 4 Linien dick ist, und daß folglich, um die möglichst starke Form des Stabes zu erhalten, es nothwendig sei, daß die Dicke und Breite des Stabes in einem gehörigen Verhältnisse zu einander stehen.

Aus dem Bisherigen, so wie auch aus mehrfach angestellten Versuchen über die absolute Festigkeit des Eisens, die aber hier nicht weiter angeführt werden sollen, ergiebt sich, daß der Widerstand desselben von der kunstmäßigen mechanischen Bearbeitung oder dem Zusammenpressen seiner Theile im hohen Grade abhängig ist, und es folgt hieraus, daß Stabeisen, zu runden Stangen ausgeschmiedet, eine verhältnißmäßig größere Festigkeit besitzt, als vierkantiges Stabeisen, dessen Querschnitt einen ganz gleichen Flächeninhalt hat. Da aber oft die Metalle einer und derselben Art in einem und demselben Stücke eine sehr verschiedene Festigkeit besitzen, so nimmt man für den practischen Gebrauch die absolute Stärke des gut geschmiedeten Eisens gewöhnlich gleich 58,000 Pfund und die absolute Stärke des Gußeisens gleich 19,000 Pfund an. Je nachdem man nun eine doppelte, drei- oder nfache Sicherheit haben will, nimmt man von diesem Werthe die Hälfte, ein Dritttheil oder ein nTheil und bringt diese Werthe alsdann für die absolute Festigkeit in Rechnung.

§. 24. Von der absoluten Festigkeit des Holzes.

Ueber die absolute Festigkeit der bei uns einheimischen Hölzer, welche zum Bauen gebraucht werden, hat Eytelwein*) sehr schätzbare Versuche angestellt, die in der nachfolgenden Tabelle mitgetheilt werden sollen.

Zu diesen Versuchen waren nur Hölzer aus deutschen Forsten genommen, die schon zwei Jahre gefällt und trocken aufbewahrt gewesen. Jedes Holzstück war als ein Parallelepipedum geschnitten und erhielt eine solche Gestalt, daß

*) Eytelwein's Statik fester Körper. Band II.

der mittlere, zum Zerreißen bestimmte Theil, ein Parallelepipedum von sechs Zoll Länge bildete, dessen Querschnitt ein Quadrat war, von welchem jede Seite einen halben Zoll Länge hatte, so daß dessen Inhalt genau einen Viertel-Quadratzoll groß war.

Man wählte hierzu nur solche Hölzer, die weder Aeste, noch sonst irgend einen Tadel hatten; besonders wurde mit der größten Sorgfalt darauf gehalten, nur solche Holzstücke zu zerreißen, bei denen durchgängig die Fasern für parallel mit einer der Seitenflächen gelten konnten.

Jedes Holzstück wurde, sobald es aufgehängt war, nach und nach mit einer größeren Kraft angespannt, und wenn die Kraft bis auf 1000 Pfund vermehrt war, ließ man die Vorrichtung mit dieser Spannung wenigstens eine Stunde ruhig stehen; alsdann vermehrte man die Kraft wiederholt um 10 Pfund, ließ aber allemal erst einige Minuten vergehen, ehe eine neue Zulage von Gewichten erfolgte. Alle Erschütterungen, die einen früheren Bruch herbeiführen konnten, wurden möglichst vermieden.

Die folgende Tabelle liefert die Resultate dieser Versuche, wobei noch zu bemerken ist, daß die in der zweiten Verticalspalte angedeuteten Parenthesen anzeigen, daß die in denselben einbegriffenen Hölzer von einerlei Stamm waren.

Holzarten.	Gewicht zum Zerreißen. Pfunde.	Mittelwerth des Gewichts zum Zerreißen. Pfunde.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht um 1 Quadratzoll rheinländisch zu zerreißen. Pfunde.
Kiefer,				
vom Kern	5540	5350	0,623	21400
" "	5160			
vom Kern, harzig . . .	4040	4040	0,624	16160
zwischen Kern und Splint	5100	5170	0,612	
" " " "	5240			
" " " "	5510	5455	0,565	20873
" " " "	5400			
" " " "	4680	5030	0,604	
" " " "	5380			
zwischen Kern und Splint, sehr harzig	2900	3130	0,657	12520
desgleichen	3360			
vom Splint	4400	4580	0,554	18320
" "	4760			
Sommereiche,				
vom Kern	7020	6650	0,795	26600
" "	6280			

Holzarten.	Gewicht zum Zerreißen. Pfunde.	Mittelwerth des Gewichts zum Zerreißen. Pfunde.	Eigenthümliches Gewicht.	Gewicht um 1 Quadratzoll rheinländisch zu zerreißen. Pfunde.
Sommereiche,				
zwischen Kern und Splint	4740	4600	0,685	21940
" " " "	4460			
" " " "	6900	6370	0,618	
" " " "	5840			
vom Splint	3420	3690	0,616	14760
" "	3960			
Steineiche,				
zwischen Kern und Splint	5640	5530	0,747	22120
" " " "	5420			
Fichte,				
zwischen Kern und Splint	2700	2730	0,374	10920
" " " "	2760			
Weißtanne,				
zwischen Kern und Splint	3860	3850	0,421	15400
" " " "	3840			
Weißbuche,				
zwischen Kern und Splint	5240	5100	0,765	20400
" " " "	4960			
Rothbuche,				
zwischen Kern und Splint	5500	5590	0,762	22360
" " " "	5680			
Erle,				
zwischen Kern und Splint	6400	6185	0,656	24740
" " " "	5970			

Bezeichnet man die hier in der letzten Verticalspalte angegebenen Zahlen mit k, ferner die Größe irgend einer vorkommenden Bruchfläche mit F, wo F in rheinländischen Quadratzollen ausgedrückt ist, so hat man, wenn K die absolute Festigkeit bezeichnet,

$$K = k . F,$$

indem sich die absoluten Festigkeiten zweier Körper von einerlei Materie zu einander verhalten wie ihre Bruchflächen.

In Fällen der Ausübung muß man jedoch beim Gebrauch der Werthe für k sehr vorsichtig zu Werke gehen, indem man nicht mit einem gleichförmig festen Körper zu thun hat; denn die Querfasern des Baumstammes, welche durch dessen jährliches Wachsen gebildet werden, machen die Jahresringe aus; diese Jahresringe haben aber nicht alle eine gleiche Festigkeit, sondern es sind die

ältesten die härtesten, wie aus obiger Tabelle zu ersehen ist. Aus derselben geht auch noch ferner hervor, daß bei einem gesunden Stamme der Kern die größte und der Splint die geringste absolute Festigkeit besitzt, und daß endlich beim Kiefernholz diese Festigkeit ebenfalls geringer wird, wenn das Holz sehr harzig ist.

Es ist daher rathsam, wenn es darauf ankommt, aus dem bekannten Maße der absoluten Festigkeit eines Körpers diejenige Last zu bestimmen, welche er mit Sicherheit auf lange Zeit tragen kann, daß man bei Holzarten den sechsten Theil der absoluten Festigkeit in Rechnung bringt.

Beispiele:

1) Eine schmiedeeiserne und rund abzudrehende Zugstange soll eine Last von 5600 Pfund aushalten, welchen Durchmesser muß dieselbe erhalten?

Bezeichnet man hier die gesuchte Bruchfläche mit x, so ist, da die absolute Festigkeit des Eisens gleich 58000 Pfund ist

$$x : f = K : k$$

$$\text{oder } x : 1 = 5600 : 58000$$

$$\text{also } x = \frac{5600}{58000} = \frac{56}{580}.$$

Bezeichnet nun d den Durchmesser der Stange, so entsteht

$$x = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{56}{580} \text{ oder}$$

$$d^2 = \frac{56}{3{,}14 . 145} = 0{,}122995 \text{ und}$$

$$\text{hieraus } d = 0{,}35 \text{ Zoll.}$$

2) Eine Hängesäule von Fichtenholz habe eine Last von 30000 Pfund zu tragen, wie groß muß der Querschnitt derselben sein?

Da die absolute Festigkeit des Fichtenholzes nach obiger Tabelle gleich 10920 Pfund ist, so hat man

$$30000 = \frac{1}{6} 10920 . F$$

$$\text{oder } F = \frac{3000}{182} = 16{,}48 \,\square''$$

$$\text{also die Seite des Querschnitts} = \sqrt{16{,}48} = 4{,}7 \text{ Zoll.}$$

Dieses Maß ist jedoch das kleinste Maß, welches der Säule nach ihrer Verschneidung noch übrig gelassen werden muß.

Ist der verticalhängende prismatische Körper sehr lang, so trägt das Gewicht desselben zum Zerreißen noch mit bei, und es muß daher bei Bestimmung der absoluten Festigkeit das absolute Gewicht des Körpers ebenfalls noch in Rechnung gebracht werden.

§. 25. Von der absoluten Festigkeit der Seile.

Ueber die absolute Festigkeit der Seile hat namentlich Musschenbroek sehr schätzenswerthe Versuche gemacht. Außerdem sind auch von John Knowles Versuche darüber angestellt und zwar mit sehr dicken hanfenen Seilen oder Ankertauen.

Nach diesen verschiedenen Versuchen läßt sich als ungefährer Mittelwerth die absolute Festigkeit eines preußischen Quadratzolls für Seile, deren Dicke $^1/_4$ bis 1 Zoll beträgt = 9000, von 1 bis 3 Zoll = 7000, von 3 bis 5 Zoll = 5500 preußische Pfunde annehmen.

Da aber die Taue sich sehr leicht abnutzen, und ferner ihre Haltbarkeit abhängig ist von der Güte des Hanfes, so wie von der stärkeren oder geringeren Drehung der Fäden, so darf man diese Werthe nicht in der Ausübung anwenden, sondern kann nur $^1/_{15}$ des obigen Ansatzes dafür annehmen.

Die Stärke der Taue wird beträchtlich geschwächt durch die allmälige Einwirkung von Feuchtigkeit, weshalb es durchaus erforderlich ist, daß dieselben immer möglichst trocken gehalten und an trocknen Orten aufbewahrt werden.

Auch leistet ein Tau, welches um einen runden Körper gezogen ist, weniger Widerstand, als wenn es der Länge nach gezogen wird.

§. 26. Von der relativen Festigkeit der Körper.

Mit der relativen Festigkeit der Körper verhält es sich anders, als mit der absoluten; denn während bei der absoluten Festigkeit die Belastung in allen Querschnitten auf alle einzelnen cohärirenden Theile gleich stark wirkt, widersteht dagegen bei der relativen Festigkeit die Cohäsion der Theile des untersuchten Körpers, welcher an dem einen Ende in horizontaler Lage festgehalten und am andern Ende mit einem Gewichte belastet wird, nur nach dessen Richtung, während das angebrachte Gewicht nach der Richtung der Schwere wirkt und somit beide einen Winkel mit einander bilden. Hierbei werden die obersten Theilchen des Körpers am meisten, und jedes der Höhe nach tiefer liegenden Theilchen weniger gespannt, bis endlich zu einem Punkte, wo gar keine Spannung mehr stattfindet, von welchem Punkte an aber die unterhalb liegenden Theilchen zusammengedrückt werden, und zwar um so stärker, je weiter sie von dem eben erwähnten Punkte abwärts liegen.

Aus dieser ungleichen Ausdehnung erhellt nun, daß, wenn die obersten am meisten gespannten Theilchen reißen, der ganze Körper nothwendig brechen muß; denn wenn alle Theilchen den Bruch nicht hindern könnten, so wird dies noch um so weniger die übrige geringere Zahl thun können. Wird dagegen der belastete Balken an seinen beiden Enden unterstützt, so findet von dem eben erwähnten gerade das Entgegengesetzte Statt; es werden alsdann die Theilchen oben zusammengedrückt, was abnimmt bis zu einem Punkte, wo gar keine Spannung stattfindet, von wo an aber die unterhalb liegenden Theilchen ausgedehnt werden, und zwar um so mehr, je weiter sie von dem erwähnten Punkte abwärts entfernt sind. Dieser Punkt liegt immer im Schwerpunkt des Körpers.

Es sei nun AB Fig. 22 ein wagerechter Balken, welcher mit dem einen Ende A in einer verticalen Wand befestigt und am andern Ende B mit einem Gewichte P belastet sei. Es sei ferner die Länge AB = a, die Höhe desselben = h und die Breite = b; das Maß der absoluten Festigkeit sei = k, so ist nach §. 24 das Maß der absoluten Festigkeit = b h . k. Ist nun das Gewicht

P mit der absoluten Festigkeit der Fläche DAF im Gleichgewicht, so wird auch, wenn C der Schwerpunkt der Fläche DAF ist, eine Kraft $= bh.k$ in C, die winkelrecht auf diese Fläche wirkt, mit der Kraft P im Gleichgewicht sein. Erfolgt nun ein Bruch, ohne daß eine Fortbewegung des Punktes H stattfindet, so müssen, das Gewicht des Balkens bei Seite gesetzt, die Momente HL.P und CH.bh.k einander gleich sein. Es ist aber $CH = \frac{1}{2}h$ und $HL = a$, also hat man

$$aP = \frac{1}{2}k.bh^2$$

und folglich die relative Festigkeit bei einem harten unbiegsamen Körper oder

$$P = \frac{1}{2}k.\frac{bh^2}{a}.$$

Bezeichnet nun bei einem anderen Balken von derselben Materie P′ die relative Festigkeit, a′ die Länge, b′ die Breite, h′ die Höhe des Balkens, so ist auch

$$P' = \frac{1}{2}k.\frac{b'h'^2}{a'}$$ und daher verhält sich

$$P:P' = \frac{bh^2}{a}:\frac{b'h'^2}{a'},$$

oder die relativen Festigkeiten zweier Balken von einerlei Materie verhalten sich zu einander, wie die Producte aus den Breiten in die Quadrate ihrer Höhen und umgekehrt wie die Längen der Balken.

Aus der Proportion

$$P:P' = \frac{bh^2}{a}:\frac{b'h'^2}{a'}$$

folgt aber ferner leicht:

wenn die Längen und Höhen zweier Balken einander gleich, ihre Breiten b und b′ aber von einander verschieden, übrigens beide Balken von einerlei Materie sind, so verhält sich

$$P:P' = b:b'$$

oder bei gleich langen und hohen Balken verhalten sich die relativen Festigkeiten wie ihre Breiten.

Eben so läßt sich auch sehr leicht aus obiger Proportion nachweisen, daß bei gleich hohen und breiten Balken die relativen Festigkeiten umgekehrt wie ihre Längen sich verhalten; und endlich

daß bei gleich langen und breiten Balken die relativen Festigkeiten sich verhalten wie die Quadrate ihrer Höhen.

Aus diesem Letzteren folgt daher auch, daß ein doppelt so hoher Balken, unter übrigens sonst gleichen Umständen, viermal so viel als bei der einfachen Höhe tragen kann.

Aus der Proportion

$$P:P' = \frac{bh^2}{a}:\frac{b'h'^2}{a'}$$

erhält man leicht

$$P = \frac{a'P'}{b'h'^2}.\frac{bh^2}{a}.$$

Ist nun der Werth $\frac{a'P'}{b'h'^2}$ aus genauen Versuchen bekannt, so kann man

$$\frac{a'P'}{b'h'^2} = N \text{ setzen,}$$

und man erhält dann die relative Festigkeit

$$P = N.\frac{bh^2}{a}$$

und hieraus das Moment des Gewichts, welches den an seinem Ende befestigten Balken zerbricht, oder

$$aP = N.bh^2.$$

In diesem Werthe bezeichnet N den Coëfficienten der relativen (respectiven) Festigkeit.

Denkt man sich den Balken, anstatt an dem einen Ende in der Mauer befestigt, nach der andern Seite hin verlängert und bei C Fig. 23 hinlänglich unterstützt, ferner bei B ein Gewicht P' aufgehängt, so ist, wenn $BC = d$, $AC = a$ und das Moment $dP' = aP$ ist, der Balken auf der Stütze C im Gleichgewicht. Ist nun die Kraft P im Stande, den Balken bei C zu brechen, so wird die Kraft P', welche die Stelle der Wand vertritt, eben dasselbe für das Ende BC bewirken, und der Punkt C erleidet alsdann einen Druck $= P + P'$. Man kann daher statt des Stützpunktes C eine Kraft $Q = P + P'$ nach oben hin anbringen. Denkt man sich aber das System umgedreht, so daß die Kräfte P, P' und Q nun nach entgegengesetzten Richtungen wirken, so wird das Ende A mit der Kraft P und das Ende B mit der Kraft P' von der Kraft Q vertical heruntergedrückt. Man kann nun statt der Kräfte P und P' bei A und B Stützen anbringen, so daß alsdann durch die Kraft Q der Bruch bei C eben so erfolgen muß, als wenn am Hebelsarme $AC = a$ die Kraft P den Bruch des Balkens bewirkt.

Nach dem Obigen hat man aber

$$P = N.\frac{bh^2}{a} \text{ und } P' = N.\frac{bh^2}{c} \text{ und}$$

da $Q = P + P'$ ist, folglich

$$Q = N.\frac{bh^2}{a} + N.\frac{bh^2}{c} = N.\frac{bh^2(a+c)}{ac}.$$

Setzt man nun die ganze Länge des Balkens $= l$, also $c = l - a$, so erhält man

$$Q = N.\frac{bh^2 l}{a(l-a)}.$$

Hängt aber das Gewicht Q in der Mitte des Balkens, so daß also $l = 2a = 2c$ wird, so entsteht

$$Q = \frac{N.bh^2 l}{\frac{1}{4} l^2} = 4N.\frac{bh^2}{l}.$$

Oben hatten wir aber $P = N.\frac{bh^2}{a}$ gefunden, oder wenn man die Längen a und l einander gleich annimmt, $P = N.\frac{bh^2}{l}$, woraus also hervorgeht

$$Q = 4P,$$

d. h. ein Balken, der an seinen beiden Enden unterstützt wird, trägt viermal so viel, als wenn derselbe an einem Ende eingemauert, und am andern äußersten Ende belastet würde.

$$\text{Aus } Q = N.\frac{bh^2l}{a(l-a)}$$

geht hervor, daß die Mitte des Balkens der schwächste Punkt ist, daß aber die Tragkraft des Balkens wächst, je mehr die Last aus der Mitte nach einem der beiden Stützpunkte hin angebracht wird. Ist z. B. $a = \frac{1}{4}l$, so erhält man

$$Q = N.\frac{bh^2l}{\frac{1}{4}l.\frac{3}{4}l} = 16 N.\frac{bh^2}{3l}.$$

Wird die Last auf den Balken gleichförmig vertheilt, so bewirkt sie dasselbe, als eine in der Mitte des Balkens aufgehängte Last, welche gleich der Hälfte der gleichförmig verbreiteten Last ist.

Bezeichnet daher Q′ die auf den Balken gleichförmig verbreitete Last, und Q die zum Zerbrechen desselben in der Mitte erforderliche Kraft, so ist $Q = \frac{1}{2}Q'$, und man findet dann nach obiger Formel

$$Q' = 8 N.\frac{bh^2}{l}.$$

Hierdurch erhält man nun ein leichtes Mittel, bei der Bestimmung der relativen Festigkeit eines Balkens das absolute Gewicht desselben mit in Rechnung bringen zu können.

Es ist ferner erforderlich, daß bei einem Bauwerke die einzelnen Constructionstheile nicht nur allein gegen den Bruch sicher gestellt werden, sondern auch ihren festen Stand gegen Biegungen und Schwankungen aufrecht erhalten, und es muß daher hier auch noch die Biegung der Körper berücksichtigt werden. Es ist bekannt, daß lange Balken, wenn sie auch eine daraufliegende Last mit vollkommener Sicherheit zu tragen im Stande sind, doch hierbei oft eine nicht unbedeutende Biegung annehmen, wodurch aber bei starker frequenter Benutzung der baldige Ruin dieser Theile herbeigeführt wird. Da es aber zu weit führen würde, wenn wir den Elastizitäts-Coëfficienten hier herleiten wollten, so wollen wir uns einfach damit begnügen, die von Eytelwein in seinem Handbuche der Statik fester Körper angegebenen Resultate kurz mitzutheilen.

Bezeichnet e^2 die absolute Elastizität des Balkens, b die Breite, h die Höhe und l die Länge desselben, ferner c die Biegung, welche der Balken in seiner Mitte durch die Belastung U erleidet, so ist nach Eytelwein für geringe Belastungen

$$c = \frac{\cdot}{48e^2}.\frac{l^3U}{bh^2},$$

die größte Biegung beim Zerbrechen des Holzes wird aber

$$w = \frac{l^2}{Mh},$$

und die in der Mitte des an beiden Enden frei aufliegenden Balkens zum

Zerbrechen erforderliche Belastung mit Einschluß des halben Gewichts desselben, wie schon oben gefunden

$$Q = 4\,N.\frac{bh^2}{l}.$$

Wenn dagegen die Last auf den Balken gleichförmig vertheilt ist und derselbe an beiden Enden frei aufliegt, so wird mit Einschluß des halben Gewichts des Balkens die zum Zerbrechen erforderliche Belastung oder

$$Q = 8\,N.\frac{bh^2}{l}.$$

In folgender Tabelle sind die Werthe für $48e^2 = \frac{l^3U}{bch^2}$, für $\frac{l^2}{hw} = M$ und für $\frac{lQ}{bh^2} = 4\,N$ für verschiedene Holzsorten in Zahlen angegeben.

Holzsorten.	$48e^2 = \frac{l^3U}{bch^3}$	$\frac{l^2}{hw} = M$	$\frac{lQ}{bh^2} = 4\,N.$
Kiefernholz	7551195	656	7177
Sommereichen . . .	9502509	593	7285
Steineichen	9533310	580	10020
Rothtannen	5318916	649	4828
Weißtannen	7751320	708	7100
Rothbuchen	9250904	491	10363
Weißbuchen	7524168	626	7904
Erlenholz	7671347	556	8298

Mit Hülfe dieser Tafel ist man nun im Stande, für jeden Balken die Senkung seiner Mitte, bei welcher derselbe zerbrechen wird, nahe genug angeben zu können. Eben so läßt sich auch darnach bestimmen, bei welcher Last der Balken brechen würde. Allein für die Ausführung ist es sehr wichtig, diejenige Belastung ungefähr zu kennen, welche ein Balken mit Sicherheit tragen kann. Eytelwein folgert nun aus den Balken eines Kornspeichers, die lange Jahre hindurch mit einer bestimmten Last beschwert waren, daß ein Balken den zwanzigsten Theil derjenigen Last in seiner Mitte mit der größten Sicherheit tragen könne, welche denselben im ersten Augenblick zu zerbrechen im Stande wäre. Hiernach würde man erhalten

$$U = \frac{4N}{2v}.\frac{bh^2}{l} = {}^1\!/_5 N.\frac{bh^2}{l}$$

und läßt sich nunmehr wieder folgende Tafel aufstellen, in deren erster Spalte der Coëfficient für eine sichere Belastung angegeben ist; in der zweiten Spalte ist die größte Senkung im ersten Augenblick der Belastung, in der dritten Spalte die größte Senkung bei dem Zerbrechen und in der letzten Spalte der Mittelwerth des Gewichts von einem rheinländischen Cubikfuß trocknen Holzes nach Eytelwein angegeben.

Holzarten.	$^1/_5$ N für eine sichere Belastung = U	Die größte Senkung im ersten Augenblicke der Belastung = c	Die größte Senkung bei dem Zerbrechen = w	Mittelwerth des Gewichts von einem rheinländischen Cubikfuß trocknen Holzes.
	Berliner Pfd.	Rheinländische Zolle.		Berliner Pfd.
Kiefernholz . .	359	$\frac{l^2}{21043.h}$	$\frac{l^2}{656.h}$	39,4.
Sommereichen .	364	$\frac{l^2}{26087.h}$	$\frac{l^2}{593.h}$	44,7.
Steineichen . .	501	$\frac{l^2}{19029.h}$	$\frac{l^2}{580.h}$	49,3.
Rothtannen . .	241	$\frac{l^2}{22052.h}$	$\frac{l^2}{649.h}$	24,6.
Weißtannen . .	355	$\frac{l^2}{21835.h}$	$\frac{l^2}{708.h}$	27,7.
Rothbuchen . .	518	$\frac{l^2}{17854.h}$	$\frac{l^2}{491.h}$	50,2.
Weißbuchen . .	395	$\frac{l^2}{19039.h}$	$\frac{l^2}{626.h}$	50,4.
Erlenholz . .	415	$\frac{l^2}{18490.h}$	$\frac{l^2}{556.h}$	43,2.

Beim Gebrauch dieser Tabelle ist wohl zu merken, daß sich einmal die Gewichte auf preußische Pfunde und die Längen auf rheinländische Zolle beziehen. Ferner bezeichnet hier U die gesammte in der Mitte des Balkens angebrachte Belastung nebst dem halben Gewichte desselben.

Will man nun die Last bestimmen, welche der Balken ohne sein eignes Gewicht mit Sicherheit tragen wird, so hat man leicht, wenn V dieselbe bezeichnet, für einen Balken von Kiefernholz

$$V = 359\,\frac{bh^2}{l} - \frac{1}{2}\cdot\frac{39{,}4}{1728}.bhl \text{ oder}$$

$$V = \frac{bh}{l}\,(359\,h - 0{,}0144\,l^2).$$

Eben so läßt sich dieses Gewicht auch für die andern Holzarten leicht bestimmen, und man erhält sonach für

Kiefernholz . $V = \frac{bh}{l}\,(359\,h - 0{,}0144\,l^2)$,

Sommereichen $V = \frac{bh}{l}\,(364\,h - 0{,}0129\,l^2)$,

Steineichen . $V = \frac{bh}{l}\,(501\,h - 0{,}0142\,l^2)$,

Rothtannen . $V = \frac{bh}{l}(241\,h - 0{,}0071\,l^2)$,

Weißtannen . $V = \frac{bh}{l}(355\,h - 0{,}0080\,l^2)$.

Hieraus findet man auch mit Leichtigkeit die größte Länge, auf welche ein Balken ohne Belastung mit Sicherheit frei liegen kann, wenn man die in den Klammern enthaltenen entgegengesetzten Werthe einander gleichsetzt, weil alsdann der ganze Ausdruck jedesmal gleich Null wird. Man erhält hiernach die größte Länge, auf welche ein Balken ohne Belastung mit Sicherheit sich frei tragen kann,

für Kiefernholz . $= \sqrt{\frac{359\,h}{0{,}0114}}$,

für Sommereichen $= \sqrt{\frac{364\,h}{0{,}0129}}$,

für Steineichen . $= \sqrt{\frac{501\,h}{0{,}0142}}$,

für Rothtannen . $= \sqrt{\frac{241\,h}{0{,}0071}}$,

für Weißtannen . $= \sqrt{\frac{355\,h}{0{,}0080}}$.

Bei den bisherigen Bestimmungen wurde vorausgesetzt, daß die zu belastenden Balken mit ihren Enden frei aufliegen, ohne eingespannt zu sein. Greifen aber die horizontalen Balken mit ihren Enden tief in Mauern ein, oder sind sie an ihren Enden aufgedollt oder sonst fest verspannt, so können sie eine doppelt so große Last in ihrer Mitte tragen, als wenn sie an ihren Enden frei aufliegen. In diesem Falle erhält man

$$Q = 8N.\frac{bh^2}{l}$$

und daher $U = \frac{8N}{20}.\frac{bh^2}{l} = \frac{2}{5}N.\frac{bh^2}{l}$.

Liegt der Balken an einem Ende frei auf und ist dagegen das andere Ende eingemauert, so wird

$$Q = 6N.\frac{bh^2}{l}$$

und alsdann $U = \frac{6}{20}N\frac{bh^2}{l} = \frac{3}{10}N\frac{bh^2}{l}$.

Liegen mehrere Balken von der Breite b, der Höhe h und der Länge l auf einander, und zwar so, daß sie sich über einander beim Einbiegen verrücken können, so ist für sie zusammen, wenn n die Anzahl derselben ist,

$$Q' = n.4N.\frac{bh^2}{l}.$$

Sind dagegen die auf einander liegenden Balken mit einander verspannt und so verbunden, daß sie bei der Belastung sich nicht über einander verschieben können, so läßt man die n Balken für einen einzigen von der Höhe nh gelten, und man erhält dann, wenn der verspannte Balken an seinen Enden frei aufliegt

$$Q' = 4\,N.\frac{b.(nh)^2}{l} \text{ und}$$

$$U = \tfrac{1}{5}\,N.\frac{b(nh)^2}{l},$$

in welcher Größe U, das halbe Gewicht des Balkens, mit enthalten ist.

Hieraus erhellt, wie auch bereits oben angeführt wurde, daß man durch vergrößerte Höhe eines Balkens weit mehr Tragkraft gewinnt, als durch vergrößerte Dicke.

Nach Eytelwein verhält sich ferner die relative Festigkeit eines Cylinders zu der eines Balkens von gleicher Länge, dessen Querschnitt ein um die Kreisfläche des Cylinders beschriebenes Quadrat ist, wie

0,7363108 : 1 oder beinahe wie 14 : 19.

Ist aber bei gleichen Längen der Querschnitt des Cylinders gleich dem des quadratischen Balkens, so verhalten sich die Festigkeiten zu einander wie

1,057856 : 1.

Man sieht also hieraus, daß der quadratische Balken, den man aus einem Cylinder schneiden kann, weniger Tragkraft hat, als letzterer. Es ist daher nicht unwichtig für die Ausführung, den stärksten Balken bestimmen zu können, welcher sich aus einem Baumstamme schneiden läßt.

Es sei zu dem Ende in Fig. 24, Taf. 2, der Durchmesser AB eines runden Baumstammes $= c$, die gesuchte Breite BE des Balkens $= x$ und die Höhe $AE = y$, so muß für den stärksten Balken xy^2 den größtmöglichsten Werth erhalten.

Es ist hier $y^2 = c^2 - x^2$,

also $xy^2 = c^2x - x^3$.

Damit aber dieser Ausdruck ein Maximum werde, muß

$$\frac{\delta(xy^2)}{\delta x} = c^2 - 3x^2 = 0 \text{ und}$$

$$\frac{\delta^2(xy^2)}{\delta x^2} = -6x, \text{ also eine negative Größe sein.}$$

Aus $c^2 - 3x^2 = 0$ findet man nun

$$x^2 - \frac{c^2}{3}$$

$$\text{und } y^2 = \frac{2}{3}c^2,$$

$$\text{also } x = c\sqrt{\frac{1}{3}} \text{ und } y = c\sqrt{\frac{2}{3}}.$$

Die Verzeichnung ist nun folgende:

Man theilt den Durchmesser in drei gleiche Theile; errichtet in einem der Theilungspunkte F eine Normale bis zum Durchschnittspunkte E mit der Peripherie. Zieht man alsdann die Linien AE und BE und die Linien BG ‡‡ AE und AG ‡‡ BE, so ist das Parallelogramm AEBG der verlangte Querschnitt.

Es ist AB : BE = BE : BF,

oder $c : x = x : \frac{1}{3} c$

und hieraus $x^2 = \frac{1}{3} c^2$

also $x = c \sqrt{\frac{1}{3}}$.

Ferner ist $y^2 = c^2 - \frac{1}{3} c^2 = \frac{2}{3} c^2$

oder $y = c \sqrt{\frac{2}{3}}$.

Ist nun AB = 12″, so erhält man

$x = 12 \sqrt{\frac{1}{3}} = \sqrt{\frac{144}{3}} = \sqrt{48} = 6{,}92$ Zoll, und

$y = 12 \sqrt{\frac{2}{3}} = \sqrt{96} = 9{,}79$ Zoll.

Um den Balken durchaus in seiner ganzen Länge von gleicher Breite und Höhe zu erhalten, müßte dieser Querschnitt am Zopfende des Balkens bestimmt werden; da aber hierdurch ein sehr bedeutender Holzverlust entstehen und ferner auch die Tragkraft des Balkens keineswegs vermehrt werden würde, so bestimmt man diesen Querschnitt gewöhnlich im Mittel der Länge des Stammes, wo dann der Balken am Zopfende etwas Wahnkanten oder Baumkanten behält, was übrigens ganz ohne Schaden stattfinden kann. Ueberhaupt, wo es anwendbar ist läßt man dem Balken am Stammende, nachdem die Höhe bestimmt ist, eine größere Breite und legt die Balken so, daß Stammende und Zopfende derselben abwechselnd neben einander liegen. Dies ist auch schon deshalb sehr zweckmäßig, weil man dadurch eine gleichförmigere Festigkeit einer Balkenlage erlangt, indem ein Balken an seinem Zopfende nie die Tragfähigkeit besitzt als an seinem Stammende.

Zu mehrerer Verständlichkeit obiger Tafeln sollen einige Beispiele angeführt werden.

1. Beispiel.

Die Länge eines an beiden Enden aufliegenden Balkens von Kiefernholz sei = 20 Fuß, seine Höhe = 12 Zoll und seine Breite = 9 Zoll; es soll bestimmt werden, was für eine Last derselbe in seiner Mitte mit aller Sicherheit tragen kann.

Es ist hier $l = 20 . 12 = 240$ Zoll, $h = 12$ Zoll, $b = 9$ Zoll;

mithin hat man $U = 359 . \frac{9 . 12^2}{240} - \frac{1}{2} . 20 . 1 . 0{,}75 . 39{,}4$ *)

und hieraus U = 1643,1 Pfund.

Die größte Senkung, welche dieser Balken erleidet, würde nach Obigem sein

$e = \frac{l^2}{21043 . h} = \frac{240^2}{21043 . 12} = 0{,}22$ Zoll.

*) Diese letztere Größe bezeichnet das halbe Eigengewicht des Balkens.

2. Beispiel.

Ein kieferner Balken von 25 Fuß Länge und 12 Zoll Breite soll eine gleichförmig verbreitete Last von 8000 Pfund tragen, wie groß muß die Höhe dieses Balkens werden, damit derselbe diese Last mit aller Sicherheit trägt.

Bezeichnet man die gesuchte Höhe mit h, so hat man, wenn $l = 25.12 = 300$ Zoll, $b = 12$ Zoll ist und das Gewicht des Balkens selbst $= 25.1.\frac{h}{12}.39,4 = 82,08\,h$ Pfund beträgt, die ganze Last $= (8000 + 82,08\,h)$ Pfunde. Dieses Gewicht wird aber auf die Mitte reducirt und man hat somit dasselbe

$$= \frac{8000 + 82,08\,h}{2} \text{ Pfund.}$$

Es ist nun die Tragkraft des Balkens nach obigen Tafeln und nach dieser Gewichtsbestimmung =

$$\frac{8000 + 82,08\,h}{2} = 359.\frac{12.h^2}{300} \text{ oder}$$

$$200000 + 2052\,h = 718\,h^2$$

oder $718\,h^2 - 2052\,h - 200000 = 0$ und hieraus

$$h = \frac{1026}{718} + \sqrt{\left(\frac{1026}{718}\right)^2 + \frac{200000}{718}} = 18 \text{ Zoll.}$$

Die größte Senkung, welche dieser Balken im ersten Augenblick der Belastung erleidet, ist

$$c = \frac{300^2}{21043.18} = 0,23 \text{ Zoll.}$$

3. Beispiel.

Für welche Länge kann ein kieferner Balken, dessen Höhe 10 Zoll beträgt, mit Sicherheit ohne alle Belastung frei liegen?

Man findet hier $l = \sqrt{\frac{359.10}{0,0114}} = 561,1$ Zoll

oder $l = 46,7$ Fuß.

Die Senkung, welche dieser Balken alsdann im ersten Augenblick erleidet, ist

$$c = \frac{561,1^2}{21043.10} = 1,49 \text{ Zoll.}$$

4. Beispiel.

Die Länge eines kiefernen Balkens sei = 20 Fuß, die Höhe = 12 Zoll und seine Breite = 9 Zoll, man soll die Last bestimmen, durch welche der Balken zerbrochen wird.

Es ist hier

$$Q = 7177.\frac{9.12^2}{20.12} - 20.0,75.1.39,4$$

oder $Q = 38755,8 - 591 = 38164,8$ Pfund

und die größte Senkung des Balkens erhält man hier

$$w = \frac{240^2}{12.656} = 7,31 \text{ Zoll.}$$

Hierbei ist aber vollkommen trocknes Holz vorausgesetzt, weil frisches Holz sich viel stärker biegen läßt.

§. 27. Von der relativen Festigkeit des Eisens.

Wenngleich über die relative Festigkeit des Gußeisens und Schmiedeeisens von Mehreren sehr interessante Versuche dargestellt sind, so wollen wir uns doch darauf beschränken, die Versuche von Tredgold und von v. Gerstner hier anzuführen.

Bei den Versuchen, welche Tredgold anstellte über die Kraft, welche erforderlich ist, Gußeisen zu zerbrechen, wurden fünf Eisenstäbe angewandt, welche 2 Fuß lang, 1,3 Zoll breit und 0,65 Zoll stark waren. Sie wurden wagerecht an dem einen Ende befestigt und an dem andern freien Ende war die Belastung angebracht, wodurch der Bruch bewirkt werden sollte.

Der erste Stab, ein dunkelgraues, dichtes, feinkörniges Gußeisen, welches einen stark glänzenden Bruch hatte, sich leicht feilen und hämmern ließ, zerbrach unter einer Belastung von 184 Pfund.

Der zweite Stab, dessen Bruchfläche weniger glänzend war, aber mehr der Feile widerstand, zerbrach unter einer Last von 173 Pfund.

Der dritte Stab, der sehr spröde und dessen Bruchfläche stark glänzend war, brach schon unter einer Last von 154 Pfund.

Zum vierten Stabe wurde eine durch Umschmelzung von altem Stabeisen erzeugte sehr harte Art Eisen gewählt, das ungleichartig war und wenig Metallglanz hatte. Die Bruchfläche war von hellblauer Farbe. Dieser Stab zerbrach unter einer Last von 168 Pfund in mehrere Stücke.

Der fünfte Stab bestand aus Gußeisen, welches aus einer Zusammenschmelzung von gutem Stabeisen mit Eisen Nr. 1 erhalten war. Dieser Stab hatte einen lichtgrauen, dichten, feinkörnigen Bruch, ward von der Feile kaum angegriffen und zerbröckelte unter dem Hammer. Er zerbrach mit einer Belastung von 174 Pfund.

Vollständiger sind die Versuche über die relative Festigkeit des Gußeisens von v. Gerstner, indem hierbei Rücksicht auf Biegung genommen wurde.

Bei diesen Versuchen ist die dreißigfache Biegung mittelst eines Fühlhebels beobachtet und in nachstehender Tabelle aufgeführt. Sämmtliche Zahlen beziehen sich auf niederösterreichische Maße und Gewichte. Ferner bezeichnet l die respective Länge, h die Höhe und b die Breite der versuchten Stangen, P das in der Mitte des Stabes zum Zerbrechen erforderliche Gewicht und g das Eigengewicht des Stabes; $\frac{lP}{bh^2}$ bezeichnet den Coëfficienten für den Bruch und $\frac{l^3U}{bch^3}$ den Elastizitätscoëfficienten für $U = 500$ Pfund. Letztere beiden Größen sind jedoch in preußischen Maßen ausgedrückt.

Eisengattung mit Angabe der Abmessungen des Stabes.	30fache Biegung. Linien.	Differenz der Biegungen. Linien.	Belastung. Pfunde.	Belastung beim Zerbrechen = P. Pfunde.	$\frac{lP}{bh^2}$	$\frac{l^3U}{bch^3}$
Gußschiene von	18		100			
Darowa.	36	18	200			
g = 7,153.	54,5	18,5	300			
l=34″; h=11,7‴;	74	19,5	400			
b=21,65‴.	95,5	21,5	500			
	118	23,5	600			
	143	25	700			
	171	28	800			
	182	11	—	925	21635	52278056
Gußschiene von	17		100			
Darowa.	35	18	200			
g = 7,104.	53	18	300			
l=34″;h=11,92‴;	72	19	400			
b = 22,2″.	92	20	500			
	114	22	600			
	137	23	700			
	162	25	800			
	191	29	900			
	220	29	1000			
	225	5	—	1025	22433	50088488
Gußschiene von	22		100			
Karlshütte.	44	22	200			
g = 7,154.	67	23	300			
l=34″;h=11,23‴;	90	23	400			
b = 22,75‴.	115	25	500			
	143	28	600			
	173	30	700			
	205	32	—	800	19329	58329091
Gußschiene von	18		100			
Karlshütte.	36	18	200			
g = 7,231.	55	19	300			
l=34″; h=11,8‴;	75	20	400			
b = 22,7‴.	96,5	21,5	500			
	119	22,5	600			
	141	22	700			
	165	24	800			
	191	26	900			
	250	59	—	1125	26885	51396291

Eisengattung mit Angabe der Abmessungen des Stabes.	30fache Biegung.	Differenz der Biegungen.	Belastung.	Belastung beim Zerbrechen = P.	$\frac{lP}{bh^2}$	$\frac{l^3U}{bch^3}$
	Linien.	Linien.	Pfunde.	Pfunde.		
Gußschiene von Neu-Joachimsthal. $g = 7,155$. $l = 34''$; $h = 13,1'''$; $b = 21,4'''$.	13		100			
	26	13	200			
	39	13	300			
	52	13	400			
	66	14	500			
	81	15	600			
	97	16	700			
	114	17	800			
	131	17	900			
	148	17	1000			
	166	18	1100			
	185	19	1200			
	206	21	—	1300	24483	55515623

Aus diesen Versuchen erhält man den Mittelwerth für $\frac{lP}{bh^2} = 22953$.

Die Versuche, welche Banks über die relative Festigkeit des Gußeisens angestellt hat, ergeben $\frac{lP}{bh^2} = 31024$.

Auch Rondelet theilt in seinem Werke „Art de bâtir" mehrere Versuche mit, die aber sehr abweichend unter sich und von den vorstehenden sind, weshalb wir sie hier auch nicht weiter anführen wollen.

Für die Ausführung ist es nun sehr wichtig, diejenige Belastung bestimmen zu können, welche ein eiserner Balken mit völliger Sicherheit tragen kann. Man bringt daher nur höchstens $\frac{1}{3}$ desjenigen Gewichts in Rechnung, unter welchem eine eiserne Stange zerbrechen würde, und man erhält den Coëfficienten für Gußeisen $= \frac{22953}{3} = 7651$, womit man $\frac{bh^2}{l}$ von jeder Stange, deren Breite $= b$, deren Höhe $= h$ und deren Länge $= l$, multiplicirt muß. Wird eine noch größere Sicherheit gefordert, so nimmt man den Coëfficienten $= \frac{22953}{4} = 5733,2$, womit dann $\frac{bh^2}{l}$ multiplicirt wird.

Uebrigens ist es doch immer rathsam, bei jedem vorhabenden Bau einer eisernen Brücke mit dem dazu bestimmten Gußeisen vorher genaue und sorgfältige Versuche anzustellen und daraus nöthigenfalls den Brechungs-Coëfficienten besonders zu bestimmen.

Um die relative Festigkeit eines Cylinders zu bestimmen, setzt man in $\frac{lP}{bh^2}$

statt bh^2 im Nenner d^3. Bezeichnet dann ferner bei einem hohlen Cylinder r den Halbmesser des äußeren Kreises und ϱ den Halbmesser des inneren Kreises oder der Höhlung, so verhält sich die relative Festigkeit eines vollen Cylinders vom Halbmesser r zu der einer Röhre von den eben bestimmten Abmessungen, deren Länge dem des Cylinders gleich ist, wie

$$1 : \frac{r^4 - \varrho^4}{r^4},$$

woraus leicht die relative Festigkeit der Röhre zu finden ist, sobald dieselbe für den Cylinder ermittelt worden.

Aus der bisher mitgetheilten Tabelle sowohl über die absolute Festigkeit als auch über die relative Festigkeit läßt sich entnehmen, daß die relative sowohl, als auch die absolute Festigkeit des Gußeisens dreimal so groß ist, als die des Eichenholzes.

Die Versuche, welche über die relative Festigkeit des Schmiedeeisens angestellt sind, haben nicht solche Resultate geliefert, woraus sich der Coëfficient $\frac{lP}{bh^2}$ mit Sicherheit herleiten ließe. Dessenungeachtet sollen hier noch die Versuche mitgetheilt werden, welche von v. Gerstner über die Biegung des an beiden Enden frei aufliegenden Stabeisens angestellt worden sind.

Sämmtliche Zahlen beziehen sich auf niederösterreichische Maße und Gewichte, und es bedeutet l die Länge des wagerechten Eisenstabes zwischen beiden Unterlagen, h die Höhe und b die Breite des winkelrechten Querschnitts.

Nummer.	Eisengattung.	Abmessung des Stabes.	30fache Biegung. Linien.	Belastung. Pfunde.	Nummer.	Eisengattung.	Abmessung des Stabes.	30fache Biegung. Linien.	Belastung. Pfunde.
1.	Gittereisen.	l = 34″; h = 10,35‴; b = 9,75‴.	7,5	25				111,5	375
			15	50				119	400
			22,5	75				126,5	425
			30	100				134	450
			37,5	125				141,5	475
			44,5	150				149	500
			51,5	175				157	525
			59	200				165,5	550
			67	225				174,5	575
			74,5	250				184,5	600
			82	275				195,5	625
			89,5	300				207,5	650
			97	325				220,5	675
			104	350				223	700

Nummer.	Eisengattung. Abmessung des Stabes.	30fache Biegung. Linien.	Belastung. Pfunde.
2.	Gittereisen. l = 34″; h = 9,7‴; b = 9,4‴.	10	25
		20	50
		30	75
		40	100
		50	125
		60	150
		70	175
		80	200
		90	225
		100	250
		110	275
		120	300
		130	325
		140,5	350
		152	375
		164,5	400
		178	425
		193	450
		210	475
		234	500
		321	525

Bei diesem zweiten Versuche war bei der Belastung von 475 Pfund die Biegung 7‴ und nach der Entlastung die bleibende Biegung 0,8‴. Bei der Last von 600 Pfund war die Biegung 16½‴ und die bleibende Biegung 8⅚‴.

Nummer.	Eisengattung. Abmessung des Stabes.	30fache Biegung. Linien.	Belastung. Pfunde.
3.	Ordinäres Radreifeisen. l = 34″; h = 3,73‴; b = 2″ 7‴.	12	5
		24	10
		36	15
		48	20
		60,5	25
		72,5	30
		85	35
		97,5	40
		110	45
		122,5	50
		135	55
		147,5	60
		160	65
		172,5	70
		185	75
		197	80
		209,5	85
		222	90
		234,5	95
		247	100
		260	105
		273	110
		286,5	115
		300	120
		313,5	125
		327,5	130
		346	135
		366	140
		387,5	150
		449,5	160

Bei diesem Versuche war bei 160 Pfd. Belastung die Biegung 14,98‴, welche sich nach 24 Stunden nicht vermehrte. Nach der Entlastung war die bleibende Biegung 1,63‴.

Nummer.	Eisengattung. Abmessung des Stabes.	30fache Biegung. Linien.	Belastung. Pfunde.
4.	Gewalztes Eisen. l = 34″; h = 3,51‴; b = 2″ 2,6‴.	8	3
		16	6
		24	9
		32	12
		40	15
		48,5	18
		57	21
		65,5	24
		74	27
		82,5	30
		91	33
		99,5	36
		108	39
		116,5	42
		125	45
		134	48
		143	51

Setzt man nun zur Bestimmung des Coëfficienten $\frac{l^3 M}{b c h^3}$ nach dem ersten, dritten und vierten Versuche U = 500, 90 und 45 Pfund, so erhält man in niederösterreichischen Zollen und Pfunden

$$\frac{l^3 M}{b c h^3} = 91079820 \text{ für böhmisches Gittereisen;}$$
$$= 73940168 \text{ „ „ Radreifeisen;}$$
$$= 91825564 \text{ „ „ gewalztes Eisen;}$$

oder in preußischen Maßen ausgedrückt:

$$\frac{l^3 M}{b c h^3} = 107467584 \text{ für böhmisches Gittereisen;}$$
$$= 87244038 \text{ „ „ Radreifeisen;}$$
$$= 108347508 \text{ „ „ gewalztes Eisen.}$$

Ueber das Biegen und Zerbrechen mehrerer Steinarten hat Thomas Tredgold Versuche angestellt. Eben so hat Barlow über die relative Festigkeit der in England gebräuchlichen Ziegel Versuche gemacht. Dieselben findet man in Eytelwein's Handbuch der Statik fester Körper Band II., S. 427—430, näher beschrieben und wird darauf verwiesen.

§. 28. Von der rückwirkenden Festigkeit.

Wirkt eine Kraft auf einen Körper in der Art ein, daß sie denselben zusammendrückt oder seine Theile an einander schiebt, daß sonach eine Verkürzung der Länge des Körpers entsteht, so wird die rückwirkende Festigkeit desselben in Anspruch genommen.

Wird der Körper, dessen oberstes Ende belastet ist, auf einen festen wagerechten Boden senkrecht gestellt, und bezeichnet Q die kleinste Last, welche erfordert wird, den Körper zu biegen und demnächst zu zerbrechen oder eigentlich zu zerknicken, so ist Q die rückwirkende Festigkeit für das Zerknicken des Körpers.

Wird hingegen ein solcher Körper ohne vorhergegangene Biegung zerdrückt und ist R die hierzu erforderliche Last, so heißt R die rückwirkende Festigkeit für das Zerdrücken des Körpers.

Es ist daher in der Folge das Zerknicken von dem Zerdrücken eines Körpers wohl zu unterscheiden.

Ist der Körper, welcher der Biegung unterworfen wird, elastisch und bezeichnet a seine Länge, welche als zureichend zum Biegen und Zerknicken desselben vorausgesetzt wird, ferner E seine respective Elastizität und π die Zahl 3,14159, so ist die rückwirkende Festigkeit zum Zerknicken dieses Körpers,

$$\text{oder } Q = \frac{\pi^2 E^2}{a^2}.$$

Der Querschnitt des belasteten Körpers sei nun ein Rechteck und man nenne diejenige Seite des Rechtecks, nach welcher die Biegung erfolgt, die Dicke, und die andere Seite die Breite des Körpers, so ist, wenn h die Dicke und b die Breite bezeichnet, die respective Elastizität desselben oder $E^2 = e^2 b h^3$, also

$$Q = \pi^2 e^2 . \frac{b h^3}{a^2}.$$

Ist dagegen der Querschnitt des belasteten Körpers ein Kreis vom Halbmesser r, so erhält man

$$Q = \frac{15\pi^3 e^2}{4} \cdot \frac{r^4}{a^2}.$$

Für Körper von einerlei Materie ist aber e^2 immer eine beständige Größe und es verhalten sich daher bei Parallelepipeden von einerlei Materie, die rückwirkenden Festigkeiten, wie die Cubi der Dicke, multiplicirt mit der Breite und dividirt durch das Quadrat der Länge.

Bezeichnen daher Q, Q' die rückwirkenden Festigkeiten für das Zerknicken und a, b, h; A, B, H die Längen, Breiten und Dicken zweier Parallelepipeden von einerlei Materie, so verhält sich

$$Q : Q' = \frac{bh^3}{a^2} : \frac{BH^3}{A^2}.$$

Ist nun $b = B$, und $a = A$, so ist

$$Q : Q' = h^3 : H^3,$$

d. h. bei gleichlangen und gleichbreiten Parallelepipeden von einerlei Materie verhalten sich die rückwirkenden Festigkeiten für das Zerknicken, wie die Cubi ihrer Dicke.

Ist ferner $h = H$, und $a = A$,

so erhält man $Q : Q' = b : B$;

ist $h = H$, und $b = B$, so

erhält man $Q : Q' = A^2 : a^2$.

Aus dem Ausdruck $Q = \pi^2 e^2 . \frac{bh^3}{a^2}$ folgt unmittelbar, daß die Größe der rückwirkenden Festigkeit für Zerknicken von der Länge des Körpers abhängig ist. Eine practische Regel ist daher, daß man einer Stütze niemals mehr als zehn- bis zwölfmal die Länge ihrer kleinsten Dimension zur Höhe gebe. Diese Regel kann jedoch nur dann Anwendung finden, wenn eine Stütze schwer belastet wird.

Da die Hölzer elastische Körper sind, und bei ihrer Verzimmerung häufig solche Dimensionen vorkommen, wobei eine Ausbeugung zu besorgen steht, so hat Eytelwein aus den angestellten Versuchen über die respective Festigkeit Verhältnißzahlen für die absolute Elastizität e^2 aufgefunden. Hiernach ist

für Kiefernholz $\pi^2 e^2 = 1552642$,

„ Sommereichen $\pi^2 e^2 = 1953875$,

„ Rothtannen $\pi^2 e^2 = 1093661$,

„ Rothbuchen $\pi^2 e^2 = 1902139$.

Will man von diesen Werthen Gebrauch machen und darnach diejenige Last bestimmen, welche ein Stiel mit vollkommener Sicherheit zu tragen im Stande ist, so muß hier für $\pi^2 e^2$ nur $1/_{20}\ \pi^2 e^2$ in Rechnung gebracht werden.

Hiernach ergiebt sich alsdann, wenn a die Länge, h die Dicke und b die Breite des Stiels in preußischen Zollen ausdrückt und P diejenige Last bezeichnet, welche der Stiel mit Sicherheit tragen kann:

für Kiefernholz $P = \frac{1}{20} \pi^2 e^2 \frac{b h^3}{a^2} = 77632 \frac{b h^3}{a^2}$,

„ Sommereichen $P = \frac{1}{20} \pi^2 e^2 \frac{b h^3}{a^2} = 97693 \frac{b h^3}{a^2}$,

„ Rothtannen $P = \frac{1}{20} \pi^2 e^2 \frac{b h^3}{a^2} = 54683 \frac{b h^3}{a^2}$,

„ Rothbuchen $P = \frac{1}{20} \pi^2 e^2 \frac{b h^3}{a^2} = 95106 \frac{b h^3}{a^2}$.

In nachfolgender Tabelle sind die Zahlen der Pfunde angegeben, mit denen man sicher jeden Quadratzoll des Querschnitts belasten darf.

Bezeichnung des Körpers.	Verhältniß der Länge zur Dicke.			
	12	24	48	60
	Pfunde.	Pfunde.	Pfunde.	Pfunde.
Kiefernholz	449	112,3	28	18
Sommereichen	565	141,3	35,3	27,2
Rothtannen	316,4	79	19,8	12,6
Rothbuchen	550	137,59	34,4	22

Die rückwirkende Festigkeit für Zerdrücken ist bei den Hölzern sehr groß und es ist nach Versuchen, welche G. Rennie darüber angestellt hat, das Maß der rückwirkenden Festigkeit eines englischen Quadratzolles

für amerikanisches Kiefernholz = 1606 Pfund
„ Weißtannenholz = 1928 „
„ englisches Eichenholz = 3860 „
„ „ „ = 5147 „

Bezeichnet daher nun R die gesammte Kraft, welche zum Zerdrücken eines Körpers erfordert wird, und ist der wagerechte Querschnitt des lothrechten Prismas = F, so ist, wenn H die Kraft bezeichnet, welche erfordert wird einen Quadratzoll dieses Körpers zu zerdrücken, vorausgesetzt, daß F ebenfalls in Quadratzollen angegeben ist,

$$R = H . F.$$

§. 29. Von der rückwirkenden Festigkeit des Eisens.

Was die rückwirkende Festigkeit für Zerdrücken des Eisens betrifft, so ist dieselbe bei Gußeisen größer als bei Stabeisen und das graue Roheisen besitzt ferner eine geringere rückwirkende Festigkeit, als das weiße. Diese Festigkeit ist aber so groß, daß es gar nicht erforderlich ist, darauf eben sehr Rücksicht zu nehmen. Nach den Versuchen, welche Karsten über das Zerdrücken des Roheisens angestellt hat, ergab sich die geringste Kraft, welche erforderlich war, einen Quadratzoll zu zerdrücken = 141280 Pfund.

Dagegen ist der Widerstand gegen das Ausbeugen und Zerknicken für die Ausführung weit wichtiger. Bei Gußeisen ist die Elastizität so vollkommen

und Biegen und Zerbrechen folgt so schnell auf einander, daß die Biegung sich nicht wohl beobachten läßt. Erwägt man nun ferner, daß das Gußeisen vielen Zufälligkeiten unterliegt und wenn es nachläßt kein Zeichen von seinem nahenden Bruche giebt, eben so, daß man aus den Versuchen mit einer Sorte desselben nicht auf die einer andern mit Sicherheit schließen kann, indem die größere oder geringere Reinheit, so wie auch die Art und Weise, wie das Eisen gegossen wurde, einen großen Einfluß darauf äußern, so bleibt zur Begründung der Sicherheit nichts weiter übrig, als vielfache Versuche mit dem für den Bau der Brücken bestimmten Eisen vorher anzustellen und diejenige Bauart zu wählen, welche nach statischen Gründen als am vortheilhaftesten erscheint.

Bei Schmiedeeisen ist die Elastizität ebenfalls nach dem Grade der Härtung sehr verschieden und läßt sich auch nicht aus Versuchen mit irgend einer Sorte desselben mit Sicherheit auf die einer andern Sorte Schmiedeeisen schließen.

Rondelet hat über den Widerstand des geschmiedeten Eisens bei einem senkrechten Drucke mehrfache Versuche angestellt und daraus den mittleren Widerstand zu ermitteln gesucht, wozu nachfolgende Tabelle dienen soll. In der ersten Verticalspalte derselben ist die Höhe oder Länge der Eisenstangen, ihre Dicke als Einheit angenommen, enthalten; die zweite Spalte enthält das Gewicht in Pfunden für 1 Quadratlinie der Durchschnittsfläche.

I. Länge.	II. Gewicht.	I. Länge.	II. Gewicht.	I. Länge.	II. Gewicht.
3	474	39	188	75	74,5
6	439	42	174	78	69
9	406	45	161	81	64
12	376	48	149	84	59,25
15	348	51	138	87	54,875
18	322	54	128	90	50,75
21	298	57	118,5	93	47
24	276	60	109,75	96	43,5
27	256	63	101,5	99	40,25
30	237	66	94	102	37,25
33	219	69	87	105	34,5
36	203	72	80,5	108	32

Der Gebrauch dieser Tabelle ist folgender: Um die Kraft kennen zu lernen, welche eine senkrecht gestellte Eisenstange von 6 Fuß Höhe und 2 Zoll Geviertdicke zu krümmen im Stande ist, sucht man die Fläche des Querschnitts in Quadratlinien, wo man 576 Quadratlinien erhält. Da nun ferner die Dicke dieser Stange 36 Mal in ihrer Länge enthalten ist, sucht man in der Tabelle den Widerstand, welcher der Zahl 36 der ersten Spalte entspricht, den man hier mit 203 findet. Diese Zahl 203 multiplicirt man mit der Fläche des Querschnitts, also mit 576 und das Product, also $203 \times 576 = 116928$ drückt

den gesuchten Widerstand aus. Nimmt man nun zehnfache Sicherheit, so erhält man 11692 Pfund, welche Last die Stange mit Sicherheit zu tragen im Stande ist.

Soll ferner eine eiserne Säule von 6 Fuß Höhe eine Last von 240 Ctnr. mit Sicherheit tragen und man sucht die erforderliche Dicke derselben, so würde man die Proportion $11962 : 576 = 26400 : x^2$ anzusetzen haben; hieraus erhält man $x^2 = 1271{,}22$ und die Wurzel daraus oder $x = 35{,}6$ Linien, welches die Dicke anzeigt, die die eiserne Säule erhalten müßte, um die angegebene Last mit Sicherheit zu tragen.

§. 30. Von der rückwirkenden Festigkeit der Steine.

Die verschiedenen Eigenschaften der Steine, als ihre Härte und ihre specifische Schwere, so wie ihre Gemengtheile, woraus dieselben bestehen, lassen noch keineswegs mit Sicherheit auf die rückwirkende Festigkeit derselben schließen, wenngleich dieselbe theils von dem dichteren Zusammenhange und von der Härte ihrer Massentheile, theils aber auch von ihrer chemischen Beschaffenheit abhängig ist, sondern es läßt sich die Festigkeit nur aus Versuchen beurtheilen. Je gleichförmiger zwar die Gemengtheile der gemischten Steinarten unter sich sind, je näher sie zusammenliegen, von je härterer Beschaffenheit sie sind und je unveränderlicher und bindender der Kitt ist, desto größer wird auch im Allgemeinen die Festigkeit der Steine sein.

Versuche zur Bestimmung der absoluten Festigkeit und der respectiven Festigkeit sind zwar von Eytelwein, Tredgold und Barlow angestellt und in Eytelwein's Handbuch der Statik angeführt, allein die Versuche sind dennoch nicht der Art, daß daraus sich für die Ausführung wichtige Schlüsse ziehen ließen. Dagegen sind zur Bestimmung der rückwirkenden Festigkeit der Steine von Musschenbroek, Gauthey, Rondelet, Quantin, Wiebeking und mehreren Andern sehr lehrreiche Versuche angestellt worden.

Aus diesen Versuchen ging hervor, daß wenn die gepreßten Bestandtheile aus Fasern bestanden, sie an den Seitenflächen des Körpers nach der Länge von einander spalteten und dadurch ein solches Verhältniß der Dicke zur Länge erhielten, daß die einzelnen Fasern nach der Seite hin auswichen. Bestand die Steinmasse dagegen aus Körnern, die durch ein Bindemittel zusammenhingen, so ging dabei das Zerdrücken auf eine der Textur dieses Stoffes angemessene Weise vor sich.

Gauthey fand bei seinen Versuchen, daß die harten Steine, deren Korn fein war und die aus homogenen Theilen bestanden, sich mit Geräusch in verticale Schnitte theilten, ehe sie zu Staub zermalmt wurden; die weicheren Steine dagegen theilten sich in Pyramiden, deren Grundflächen in der oberen Fläche des Prismas lagen und deren Scheitel sich in der Mitte befanden.

Dabei machte Gauthey noch folgende wichtige Bemerkungen:

1) Daß auch bei der sorgfältigsten Bearbeitung die Steine selten auf ihren ganzen Fugenflächen tragen, denn es ist äußerst schwer, die Steine so zu bearbeiten, daß die Kanten derselben nicht mehr, als die Mitte gepreßt werden und daß der Druck vollkommen senkrecht auf die Oberfläche

erfolgt. Auch sogar bei den Versuchsteinen war es äußerst schwer, diesen Uebelstand zu verhindern. In diesem Falle zersprangen harte Steine leichter als mürbe, was sich auch sehr leicht erklären läßt und die große Wichtigkeit einer sorgfältigen Bearbeitung der Lagerfugen zeigt.

2) Daß die Tragkraft bei Cylindern größer als bei Prismen von gleichem Querschnitte ist, also in der Art zunimmt, als der cubische Inhalt im Verhältniß mit dem äußern Umfang größer wird.*)

3) Daß die rückwirkende Festigkeit der Steine mit der Höhe derselben zunimmt, aber mit der Zunahme der horizontalen Fugen abnimmt.

Was diesen dritten Punkt betrifft, so findet derselbe noch seine volle Bestätigung aus den Versuchen, die Rondelet angestellt hat, indem derselbe fand, daß zwei auf einander gelegte Steine nur $^3/_5$ derjenigen Last trugen, welche ein einzelner Stein von gleicher Höhe und Grundfläche der beiden auf einander gelegten Steine zu tragen vermögend war, und daß drei auf einander gelegte Steine, von gleicher Höhe und Grundfläche mit einem Steine, nur die Hälfte trugen.

Die von Gauthey und Rondelet angestellten Versuche sind zwar sehr zahlreich, allein sie haben den großen Nachtheil, daß die Bezeichnungen der gebrauchten Steingattungen nicht wissenschaftlich aufgeführt, sondern dieselben größtentheils mit ihren in Loco gebräuchlichen Namen bezeichnet sind. Deshalb können die angeführten Resultate hauptsächlich auch nur die französischen Ingenieure und Baumeister, die mit den Localitätsbezeichnungen bekannt sind, interessiren. Hier sollen indeß folgende Mittelzahlen für einige Hauptarten angeführt werden.

Steingattungen.	Specifisches Gewicht.	Mittlere aus mehreren Versuchen bestimmte Last auf 1 rheinl. Quadratzoll, welche den Stein zerdrückte. Preußische Pfunde.
Basalt	2,820	22638
Porphyr	2,798	26261
Granit	2,651	9224
Schwarzer Marmor	2,720	7824
Weißer Marmor	2,666	3906
Weißer harter Sandstein (grès) .	2,496	11398
Blättriger Kalkstein (Cliquart) . .	2,493	5500
Körniger Kalkstein (Liais) . . .	2,242	4143
Tuffstein	1,253	555
Kalkstein von der Brücke von Neuilly	2,408	1856

*) Bei angestellten Versuchen ergab sich, daß ein Stein mit einer kreisförmigen Grundfläche von 15 Quadratcentimeter eine Last von 917, mit einer quadratförmigen Grundfläche von demselben Inhalte 866 und mit einer gleichseitig dreieckigen Grundform von demselben Inhalt nur 789 Kilogrammen trug.

Diese Versuche wurden mit Würfeln von 5 Centimeter Seitenlänge angestellt.

Rondelet führt hierbei an, daß die Bausteine häufig schon zu springen anfingen, wenn sie mit einer Last beschwert waren, die ungefähr die Hälfte der zum Zerdrücken erforderlichen Last betrug. Er räth deswegen an, nur $1/_{20}$ der Last, welche nach den Versuchen den Stein gesprengt hat, anzunehmen, was also nicht mehr als $1/_{10}$ der Last wäre, womit der Stein einige Sprünge bekommt.

Perronet nahm beim Bau der Brücke von Neuilly $1/_{14}$ der Last, die zum Zerdrücken der Steine erforderlich war.

Quantin fand, daß ein Quadratzoll rothenburger Sandstein, wenn er mit seiner Basis auf einer festen Unterlage, die nicht weichen konnte, ruht, zum Zerdrücken 2631 Pfund Belastung erfordert.

Ein Quadratzoll Ziegelstein, auf dieselbe Weise belastet, erforderte 1124 Pfd.

Sehr interessante Versuche über das Zerdrücken der Steine hat auch Rennie in England gemacht und es sollen dieselben hier in folgender Tabelle mitgetheilt werden.

Die Maße beziehen sich hierbei auf englische Zolle und Pfunde (Avois du pois).

Zerdrückte Körper.	Specifisches Gewicht.	Länge oder Höhe. a	Breite oder Dicke. b = h	Gewicht zum Zerdrücken.	Gewicht zum Zerdrücken eines Quadratzolls.
		Zoll.	Zoll.	Pfunde.	Pfunde.
Blaßrother Ziegelstein	2,085	1,5	1,5	1265	562
Rother Ziegelstein	2,168	1,5	1,5	1817	808
Dreimal gebrannter gelber Ziegelstein .	—	1,5	1,5	3243	1441
Feuerziegel von Stourbridge	—	1,5	1,5	3864	1717
Rother zerreiblicher Sandstein . . .	2,316	1,5	1,5	7070	3142
Derselbe aus einem andern Bruche . .	2,428	1,5	1,5	9776	4345
Sandstein von Portland	2,428	1,5	1,5	10284	4571
Pflasterstein von Yorkshire	2,507	1,5	1,5	12856	5714
Sandstein von Dundee	2,530	1,5	1,5	14918	6630
Compacter Kalkstein	2,584	1,5	1,5	17354	7713
Feinkörniger Granit von Peterhead . .	—	1,5	1,5	18636	8283
Schwarzer fester Kalkstein von Limerick	2,598	1,5	1,5	19924	8866
Schwarzer Brabanter Marmor . . .	2,697	1,5	1,5	20742	9219
Weißer italienischer geaderter Marmor .	2,726	1,5	1,5	21783	9681
Aberdeen'scher Granit von der blauen Art	2,625	1,5	1,5	24556	10914

Schließlich wollen wir auch noch die Versuche von Wiebeking mittheilen, die um so mehr ihren Platz hier finden, weil dieselben mit einheimischen Steinarten angestellt und dabei das Verhalten der Steine während der Belastung beobachtet wurde.

Zerdrückte Körper.	Specifisches Gewicht.	Größe des Versuchswürfels in bairischen Cubikzollen.	Gewicht, das der Stein trug, in bairischen Pfunden.	Bemerkungen.
Röthlicher, eisenerzhaltiger Sandstein, von Neu-Baiern am Inn.	2,909	27 c″	23979 (a) 42600 (b) 44128 (c)	(a) Unter dieser Last bekam der Stein einige Risse und an der Kante Sprünge. (b) Es zeigten sich mehrere beinahe unmerkliche Sprünge im Stein; derselbe blieb unter dieser Last 12 Stunden liegen. (c) Unter dieser Last brach der Stein.
Dieselbe Steinart.	2,909	27 c″	28806 (a) 31211 (b)	(a) Bei dieser Last bekam der Stein anfangs an den Kanten einige Ritzen; nach 24 Stunden zeigten sich zwei verticale Sprünge an der Oberfläche. (b) Unter dieser Last brach der Stein und löste sich beinahe in Sand auf.
Dieselbe Steinart.	2,909	27 c″	25731 (a) 37153 (b) 49530 (c)	(a) Bei dieser Last zeigte sich ein beinahe unmerklicher Sprung. (b) Unter dieser Last blieb der Stein 48 Stunden liegen, nachdem derselbe mehrere bedeutende Sprünge erhalten hatte. (c) Unter diesem Gewichte brach der Stein gänzlich in Stücken.
Gelber Sandstein aus dem Bruche von Neu-Baiern.	2,89	216 c″	18640 (a) 44608 (b) 54910 (c)	(a) Der Stein bekam unter diesem Gewicht auf der einen Seite einen kleinen Riß. (b) Unter dieser Last erhielt der Stein an der einen Seite einen bedeutenden Sprung, so daß er dem Brechen nahe war. (c) Unter dieser Last brach der Stein nach 48stündiger Beschwerung.
Rother, eisenerzhaltiger Sandstein.	2,909	216 c″	22194 (a) 26574 (b) 51163 (c) 61797 (d) 75369 (e)	(a) Es waren 3 Steine auf einander gelegt. Es zeigten sich an dem untern Steine mehrere bedeutende Sprünge auf allen Seiten, am mittleren fanden beinahe noch unmerkliche Statt, so wie am oberen, bei diesem

Zerdrückte Körper.	Specifisches Gewicht.	Größe des Versuchswürfels in bairischen Cubikzollen.	Gewicht, das der Stein trug, in bairischen Pfunden.	Bemerkungen.
				besonders nur an der unteren Kante. (b) Der Sprung an der oberen Kante wurde bedeutender und an der unteren Kante zeigte sich ein kleiner Sprung. (c) Die Sprünge im mittleren Steine waren die merklichsten. (d) Die Sprünge der 3 Steine correspondirten mit einander, aber nicht in lothrechter Linie. (e) Mit dieser Last brach der Stein nach 24stündiger Belastung.
Tuffstein aus den Brüchen von Mühlthal, von der härtesten Gattung.	2,00	216c″	26475 (a) 32178 (b) 36789 (c) 40971 (d)	(a) Der Stein blieb 48 Stunden unter dieser Last liegen. (b) Er bekam nach 24stündiger Beschwerung einige Sprünge. (c) Als er 2 Stunden unter dieser Last blieb, vermehrten sich die Sprünge. (d) Er brach nach einigen Stunden unter diesem Gewichte.
Nagelfluestein.		210c″	17483	Der Stein brach unter dieser Last sogleich.
Halbbrauner Sandstein, der ins Weißliche fällt, aus den Brüchen von Murnau.	2,802	216c″	18227 (a) 35897 (b) 39665 (c) 51484 (d) 57798 (e) 59082 (f) 59369 (g) 60658 (h)	(a) Unter dieser Last erhielt der Stein an der untern Kante einen Sprung. (b) Jetzt zeigten sich Risse an der einen Seite des Steins. (c) Diese Risse vermehrten sich, ohne daß an der andern Seite solche entstanden. (d) An eben dieser Seite zeigte sich ein von unten nach oben gehender Sprung. (e) Auch zeigte sich auf der andern Seite ein Sprung. (f) Dieser vergrößerte sich und es entstand noch ein zweiter. (g) Jetzt zeigte sich in der Mitte ein anderer Sprung. (h) Der Sprung auf der andern Seite war gegen die Ober-

Zerdrückte Körper.	Specifisches Gewicht.	Größe des Versuchswürfels in bairischen Cubikzollen.	Gewicht, das der Stein trug, in bairischen Pfunden.	Bemerkungen.
				fläche zu, und der Stein brach in der Mitte, so daß die eine Hälfte aus verticalen Theilen bestand, während die andere zum Theil unversehrt blieb.
Sandsteine aus dem Bruche von Murnau.		216c″	63393 (a) 69005 (b)	(a) Der Stein blieb unter dieser Last 48 Stunden liegen. (b) Nach einer anderthalbstündigen Beschwerung brach der Stein.
		216 c″	24673 (c) 43078 (d)	(c) Der Stein bekam Sprünge und bei dem Gewichte (d) brach derselbe.
Kalkstein von Lengries.	2,90	27 c″	15536 (a) 41385 (b)	(a) Auf beiden Seiten des Steines zeigten sich Sprünge, wovon der eine lothrecht ging, die andern aber eine schiefe Richtung hatten. (b) Es zeigten sich Sprünge auf allen Seiten, und nach zwei Stunden brach der Stein.
Bruchstein aus den Brüchen des Mühlthals, bester Gattung.	2,00	216 c″	16706 (a) 21098 (b) 28128 (c)	(a) Von oben bis unten lief ein Sprung. (b) Die Sprünge wurden auf der einen Seite größer, nach fünf Minuten entstanden überall Sprünge, und mit dem Gewicht (c) zerbrach der Stein.
Nagelfluesteine aus dem Bruche bei Garmisch.	2,09	216 c″	20900 (a) 28411 (b) 31405 (c) 39318 (d) 39732 (e)	(a) Unter dieser Last wurde eine untere Kante des Steins abgesprengt. (b) der Stein erhielt auf der andern Seite einen unbedeutenden Sprung. (c) Er erhielt kaum bemerkbare Sprünge an der Basis. (d) Diese gingen jetzt bis zur obern Fläche hinauf. (e) Unter dieser Last brach der Stein nach einigen Minuten.
		216 c″	22954 (a)	(a) Der Stein bekam unmerkliche Sprünge, brach aber nach 24stündiger Belastung.

Die Art, wie die Steine bei den Versuchen bemerkliche Sprünge erhalten, ist wohl zu berücksichtigen, denn wie schon oben angeführt wurde, so spalten harte Steine sehr häufig früher als weichere, zumal wenn die Last, wie es bei Gebäuden immer der Fall ist, nicht auf die ganze Fläche gleichmäßig vertheilt wird. Wie aus dem Angeführten nun hervorgeht, erhielten alle den Versuchen unterworfenen Steine vor ihrem gänzlichen Brechen und vor ihrer vollen Belastung leichte Sprünge. Da jedoch bei der Ausführung eines großen Bauwerks die Steine nie so genau behauen werden, als dieses für einzelne Versuche geschieht und daher auch die Fläche nicht so gleichmäßig tragen kann, ferner auch die Wirkung der Schwere in einem längeren Zeitraume die Cohäsion der Theile der Steine zu zerstören und somit diese zu zerdrücken strebt, so darf man die Steine nie mit solchen Lasten beschweren wie die Versuche angeben, obgleich wieder in Betracht zu ziehen ist, daß größere Steinmassen dadurch, daß sie an Zusammenhang gewinnen, in einem größeren Verhältniß als dem der Fläche, an Tragkraft zunehmen. Das beste Mittel, um die Tragkraft der Steine kennen zu lernen, bleibt wohl immer die Untersuchung kühner, aus diesen Steinen aufgeführter Gebäude von hohem Alter, die den sichersten Beweis für die Tragkraft der dazu verwendeten Steine liefern. So tragen z. B. die Säulen der Kirche von Toussaints d'Angers auf einer Quadratfläche von 9 französischen Quadratzollen eine Last von 2260 Pfund, während nach Gauthey's angestellten Versuchen ein 25 Quadratzoll großer Stein von derselben Gattung, ehe er zermalmt wurde, die Last von 20620 Pfund trug. Diese Säulen tragen daher $^1/_{10}$ derjenigen Last, unter welcher sie nach den Versuchen zerdrückt werden würden, mit vollkommener Sicherheit. Die Brücke von Neuilly hat am Schlußstein ungefähr den vierzehnten Theil der Last zu tragen, die zum Zerdrücken der Steine erforderlich war. Bedenkt man aber, daß bei Brückengewölben beim Ausrüsten der Lehrbogen die Last nicht mehr so gleichförmig nach der ganzen Höhe des Schlußsteins vertheilt ist, sondern sich mehr oder weniger auf einzelne Kanten der Gewölbesteine vertheilt, so ist nicht zu verkennen, daß diese Brücke jedenfalls zu den kühnsten steinernen Brücken gezählt werden muß.

Es ist daher für die Sicherheit jedenfalls vorzuziehen, wenn k die gefundene Versuchszahl, b und h die Breite und Dicke des Steins bezeichnen, für Gewölbe $\frac{bhk}{16}$ und für senkrechte Mauern $\frac{bhk}{14}$ zu nehmen. Rondelet will dagegen nur $^1/_{20}$ der Versuchszahl angenommen haben.

Sehr interessante Versuche über die Widerstandsfähigkeit der bekanntesten und nützlichsten Bausteine, welche das rheinische Schiefergebirge und das daran grenzende Flötzgebirge an der Mosel und in den Ardennen liefern, sind vom Ingenieur Premier-Lieutenant Beise angestellt und im Crelle'schen Journal für die Baukunst, Band 9 und 10, näher beschrieben.

§. 31. Von der Festigkeit des Mörtels.

Ueber die Festigkeit des Mörtels hat der Bauinspector Zimmermann vielfache interessante Versuche angestellt.*)

*) Journal für die Baukunst von Crelle, Band III, Heft 1, Nr. 1.

Derselbe fand, daß die Festigkeit des Mörtels einmal jedenfalls von seinem Zusammenhange mit den Bausteinen abhängig ist; ferner aber, daß der Zusammenhang des Mauerwerks hauptsächlich abhängig ist:

1) von der Güte des Mörtels und der Bausteine im Allgemeinen,

2) von der stärkeren oder geringeren Rauhigkeit und Unebenheit der Oberfläche der Steine,

3) von der Festigkeit der Steinoberfläche,

4) endlich von der chemischen Verwandtschaft der Bestandtheile der Steine und des Mörtels.

In folgender Tabelle wollen wir die Resultate dieser Versuche, wie sie Zimmermann angiebt, mittheilen.

Nummer.	Kalkart zum Mörtel.	Alter des Mörtels.		Bestandtheile des Mörtels.						Durchschnittliches Gewicht, welches einen rheinl. Quadratzoll des Mörtels zerreißt.	Bemerkungen.
		Wochen.	Tage.	Traß von Brohl.	Künstliche Puzzolane.	Ziegelmehl.	Gebrannter Thonschiefer.	Feinkörniger Flußsand.	Kalkbrei.	Preuß. Pfde.	
	A. Mörtel aus unvermischtem reinem Traß von Brohl bei Andernach und Kalkbrei (sogenanntem reinem Traßmörtel).										
1	Natürlich-hydraulischer Kalk, frisch gelöscht.	7	5	1	—	—	—	—	0,6	70,04	Der Kalk ist von Wallstädde, auf dem rechtseitigen Ufer der Lippe bei Hamm, und führt den Namen Wasserkalk mit Recht.
2	Natürlich-hydraulischer Kalk, frisch gelöscht.	7	4	1	—	—	—	—	0,6	77,64	Der Kalk von Sünningshausen bei Lippstadt desgl.
3	Etwas hydraulischer Kalk aus der Gegend von Halle bei Bielefeld, desgleichen.	8	4	1	—	—	—	—	0,6	59,53	
4	Gemeiner fetter Kalk, frisch gelöscht.	8	5	1	—	—	—	—	0,6	67,24	

Nummer.	Kalkart zum Mörtel.	Alter des Mörtels. Wochen.	Tage.	Bestandtheile des Mörtels. Traß von Brohl.	Künstliche Puzzolane.	Ziegelmehl.	Gebrannter Thonschiefer.	Feinkörniger Flußsand.	Kalkbrei.	Durchschnittliches Gewicht, welches einen rheinl. Quadratzoll des Mörtels zerreißt. Preuß. Pfde.	Bemerkungen.
	B. Sparmörtel aus Traß von Brohl bei Andernach und feinkörnigem Flußsande.										
5	Natürlich-hydraulischer Kalk, frisch gelöscht.	7	5	0,4	—	—	—	0,6	0,48	51,41	Wasserkalk von Wallstädde, wie zuvor.
6	Desgleichen.	7	4	0,4	—	—	—	0,6	0,48	48,03	Desgleichen von Sünningshausen.
7	Etwas hydraulischer Kalk, frisch gelöscht.	8	4	0,4	—	—	—	0,6	0,48	29,06	Von Halle bei Bielefeld.
8	Gemeiner fetter Kalk, frisch gelöscht.	8	5	0,4	—	—	—	0,6	0,48	23,05	
9	Desgleichen durch das Zerfallen an der Luft.	7	5	0,5	—	—	—	0,5	0,48	39,15	
	C. Mörtel aus unvermischter künstlicher Puzzolane von Buschius u. Comp. in Berlin.										
10	Künstlich-hydraulischer Kalk aus der Fabrik von Buschius u. Comp.	7	4	—	1	—	—	—	0,4	55,00	Der Kalk war 4 Monate alt und wurde auf die gewöhnliche Art gelöscht.
11	Desgleichen.	7	4	—	1	—	—	—	⅓	66,05	Desgleichen.
12	Desgleichen.	11	3	—	1	—	—	—	⅓	71,44	Desgleichen.
13	Natürlich-hydraulischer Kalk, frisch gelöscht.	7	4	—	1	—	—	—	0,4	32,94	Wasserkalk von Sünningshausen.
14	Gemeiner fetter Kalk, ein Jahr lang in der Grube als Teig aufbewahrt.	7	4	—	1	—	—	—	0,4	33,60	

Nummer.	Kalkart zum Mörtel.	Alter des Mörtels.		Bestandtheile des Mörtels.						Durchschnittliches Gewicht, welches einen rheinl. Quadratzoll des Mörtels zerreißt.	Bemerkungen.
		Wochen.	Tage.	Traß von Brohl.	Künstliche Puzzolane.	Ziegelmehl.	Gebrannter Thonschiefer.	Feinkörniger Flußsand.	Kalkbrei.	Preuß. Pfde.	
	D. Sparmörtel von künstlicher Puzzolane aus der Fabrik von Buschius, mit feinkörnigem Flußsande gemischt.										
15	Künstlich-hydraulischer Kalk von Buschius.	7	4	—	0,44	—	—	1	$^2/_3$	30,66	Der Kalk war 4 Monate alt und wurde auf die gewöhnliche Art gelöscht.
	E. Mörtel aus Ziegelmehl durch ein feines Haarsieb gesiebt, allein oder in Vermischung mit Sand.										
16	Natürlich-hydraulischer Kalk, frisch gelöscht, (von Wallstädde).	7	5	—	—	1	—	1	1	33,41	Das Ziegelmehl war von sehr gut ausgebackenen rothen Mauerziegeln.
17	Desgleichen.	10	—	—	—	2	—	—	1	29,94	Das Ziegelmehl war von mittelmäßig harten Ziegeln.
	F. Mörtel aus gebranntem Thonschiefer, welcher, einer starken Steinkohlenhitze ausgesetzt, in bräunlich-gelben Blättern sich abzulösen anfing, fein pulverisirt und gesiebt.										
18	Natürlich-hydraulischer Kalk, frisch gelöscht.	7	4	—	—	—	1	—	0,4	22,65	Der Kalk war der sogenannte Wasserkalk von Sünningshausen bei Lippstadt.
19	Künstlich-hydraulischer Kalk aus der Fabrik von Buschius u. Comp. zu Berlin.	7	4	—	—	—	1	—	0,4	26,50	Der Kalk war 4 Monate alt und auf die gewöhnliche Art gelöscht.

Die hier erwähnten Mörtelarten waren sämmtlich unter Wasser aufbewahrt worden.

Aus diesen Versuchen geht die absolute Festigkeit verschiedener Mörtelarten hervor und hieraus läßt sich nun auch auf die absolute Festigkeit des Bétons schließen.

Da nämlich hierbei die Oberflächen der zu dem Béton verwendeten kleinen Steine in Betracht kommen, indem beim Zerreißen des Bétons jeder einzelne Stein vom Mörtel getrennt werden muß, so ergiebt sich daraus schon, daß beim Béton die Festigkeit gegen das Zerreißen bedeutend größer sein muß, als beim Ziegelmauerwerk. Denn nähme man die wirkliche Oberfläche eines wagerecht abgeglichenen Ziegelmauerwerks von einer bestimmten Länge und Breite, gegen alle sichtbaren Seitenflächen der vorstehenden und zurücktretenden einzelnen Steine im Bétonkörper von derselben Größe, wie die des Ziegelmauerwerks, so würde man finden, daß die Summe dieser sämmtlichen Seitenflächen wenigstens fünf- bis sechsmal so groß ist, als die wagerecht abgeglichene Oberfläche der erwähnten Ziegelmauer.

Es kann nun jedenfalls nur diejenige Festigkeit mit Sicherheit dabei berücksichtigt werden, welche der Mörtel in sich hat und da der Zusammenhang des gewöhnlichen Ziegelmauerwerks etwa nur zum vierten Theil jener Festigkeit anzunehmen ist, so wird sonach die absolute Festigkeit des Bétons wenigstens eben so groß sein, als die des Mörtels.

Die rückwirkende Festigkeit des Bétons muß ferner nach den gewöhnlichen Voraussetzungen wenigstens das Doppelte der absoluten Festigkeit betragen und würde daher zweifach größer sein, als die gefundene Festigkeit des Mörtels.

Nach der Meinung des Herrn Geh. Oberbaurath Hagen kann man die Festigkeit des Bétons, wenn derselbe mit der gehörigen Sorgfalt bereitet und versenkt ist, zu 100 Pfund auf den Quadratzoll Querschnitt annehmen. Bei gutem hydraulischen Mörtel beträgt dieselbe häufig 400 bis 500 Pfund auf den Quadratzoll.

Derselbe fand bei einigen Prismen aus mittelmäßig gutem Traßmörtel, nachdem sie während 3 bis 4 Monaten unter Wasser gelegen hatte, eine absolute Festigkeit, die auf den einzelnen Quadratzoll Querschnitt zwischen 60 bis 100 Pfund betrug.

Drittes Capitel.

Von den Pfählen.

§. 32. Erklärung.

Nach der gewöhnlichen Eintheilung zerfallen die Pfähle in zwei Hauptklassen, nämlich in die der Spitzpfähle und in die der Spundpfähle.

Spitzpfähle nennt man diejenigen Pfähle, die an ihrem unteren Ende mit einer Spitze versehen sind, oder die eine Zuschärfung in beiden Richtungen

haben und einzeln in bestimmten Entfernungen von einander eingerammt werden. Man unterscheidet dabei wieder:

a) Grundpfähle, welche entweder ganz oder doch mehrentheils in die Erde eingerammt werden, und

b) Langpfähle, welche mit einem Theil ihrer Länge über den Boden vorragen und bei welchen dieser freistehende Theil sich entweder über oder unter dem Wasser befindet.

Die Spundpfähle sind dagegen gewöhnlich nur in einer Richtung zugeschärft und wenn die Zuschärfung in der zweiten Richtung auch nicht ganz fehlt, so ist sie doch geringer als in der ersten, und es bildet sich sonach nicht eine Spitze, sondern eine Schneide. Außerdem ist aber das bezeichnete Merkmal der Spundpfähle auch die Spundung, womit sie in einander greifen und dadurch eine dichte Spund- oder Kernwand darstellen.

Es giebt aber ferner auch Pfähle, denen die Spundung ganz fehlt, obgleich sie unten mit einer Schneide versehen sind und gleichfalls zur Darstellung geschlossener Wände dienen. Diese haben aber keinen besonderen Namen.

§. 33. Von den Spitzpfählen.

Die Spitzpfähle, wozu man Eichen-, Kiefern-, Fichten-, Erlen- und Buchenholz verwendet, werden gewöhnlich nur von ihrer Rinde befreiet, indem durch das Behauen nur die Fibern des Holzes getrennt und dadurch die Pfähle nothwendig geschwächt werden. Ein Ablösen der Rinde ist aber insofern jedenfalls erforderlich, weil dieselbe einmal dem Holze keine größere Stärke giebt und ferner noch durch ihre Dicke und Unebenheit die Reibung beim Einrammen bedeutend vermehrt, und verursacht, daß sie bei gleicher Kraft weniger tief eindringen. Eben so müssen auch die ästigen vorstehenden Theile des Pfahls abgehauen werden, weil auch diese die Reibung vermehren. Gedrehte oder windeschief gewachsene Stämme taugen nicht zu Pfählen; denn bei diesen zeigt sich beim Einrammen ein besonders starkes Drehen, welches daher rührt, daß die Erschütterung durch den Schlag des Rammklotzes sich der Länge nach durch die Fasern fortsetzt, und somit, da diese hier nicht gerade sind, der Stoß auch seine ursprüngliche Richtung verliert. Dieses verhindert aber meistentheils ein regelmäßiges Einrammen derselben, und es wird dadurch auch die Wirkung des Rammbärs geschwächt.

Werden die Spitzpfähle als Langpfähle angewendet und sollen dieselben von einer oder zwei Seiten mit Dielen oder Bohlen bekleidet werden, so müssen selbige von zwei Seiten behauen werden, um die Bekleidung regelmäßig daran befestigen zu können. Hat das Holz aber eine genügende Stärke, so kann man es von allen vier Seiten beschlagen, was auch in den meisten Fällen geschieht. Die Grundpfähle werden dagegen nie beschlagen.

Die Spitzpfähle erhalten entweder eine dreiseitige oder vierseitige Spitze, deren Länge in beiden Fällen die zwei- bis dreifache Dicke des Pfahls beträgt. Die dreiseitige Spitze verursacht, daß der Pfahl beim Einrammen leichter in die Erde eindringen und sich dabei nicht so leicht drehen oder wenden kann,

wie dies bei den vierseitigen und runden Spitzen der Fall ist. Hierbei ist jedoch noch besonders darauf zu achten, daß die Spitze weder selbst zu scharf ausläuft, noch auch, daß die Kanten zwischen ihren Seitenflächen sehr fein werden, denn in diesem Falle brechen und spalten die dünnen Holztheile bald aus, und da hierdurch die noch übrig bleibende Spitze leicht mehr nach einer Seite gerichtet werden kann, als nach der andern, so nimmt der Pfahl alsdann auch leicht eine schräge Richtung an. Man stumpft daher das äußere Ende der Spitze ab und verwandelt sie in eine flache Pyramide, wie in den Figuren 24 A und B näher angedeutet ist.

Ist der Grund, in welchen die Pfähle eingerammt werden sollen, sehr fest und hart, oder auch sehr steinig, so werden die einzurammenden Pfähle mit eisernen Spitzen oder Pfahlschuhen versehen. Dieselben werden von gutem Schmiedeeisen angefertigt und erhalten, je nachdem der Pfahl drei- oder vierseitig zugespitzt ist, drei oder vier Federn, womit sie an den Pfahl angenagelt werden. Hierbei ist noch ferner zu bemerken, daß die Nagellöcher in den Federn so angeordnet werden müssen, daß deren Oeffnungen etwas höher sind, als nach der Stärke der durchgehenden Nägel erforderlich wäre, damit sich der Pfahl noch etwas bei den erfolgenden Rammschlägen auf das Eisen, woran sich die Spitze befindet, aufsetzen kann. Das Aufbringen der Pfahlschuhe erfordert aber viele Sorgfalt und es muß eine sehr innige Berührung zwischen dem Holze und dem Eisen stattfinden. Die Spitze des Pfahls muß, wenn er mit einem Schuh versehen werden soll, senkrecht auf die Richtung desselben abgeschnitten werden, so daß sich eine quadratische oder dreiseitige Grundfläche von 4 bis 9 Quadratfuß bildet. Mit einer eben so großen Fläche muß auch der Pfahlschuh versehen sein, damit der Druck und der Stoß des Pfahls den Schuh recht gleichmäßig trifft. In den Figuren 25 A und B ist ein solcher Pfahlschuh dargestellt.

Die Pfahlschuhe werden je nach der Dicke und Länge der Pfähle in solcher Stärke hergestellt, daß ihr Gewicht 10 bis 16 Pfund beträgt. Doch giebt es auch Fälle, wo dieses Gewicht bedeutend vergrößert worden. Beim Bau der Brücke zu Neuilly benutzte Perronet Pfahlschuhe von 25 Pfund und Lessart wandte beim Bau der Brücke zu Saumur Pfahlschuhe von 25 bis 30 Pfund an. In neuerer Zeit hat man in Frankreich mehrfach gußeiserne Pfahlschuhe angewendet. Die ebene Fläche, in welcher sich der Pfahl und der Schuh berühren, hat die halbe Stärke des Pfahles zum Durchmesser, so daß das Gewicht des Schuhes bei 10 Zoll starken Pfählen schon beinahe 50 Pfund beträgt. Diese gußeisernen Schuhe erhalten keine Federn mit denen sie an den Pfahl befestigt werden, sondern sie sind statt derselben mit einem sie rings umgebenden Rande versehen; ihre Befestigung im Pfahle erhalten sie durch einen eingegossenen Dorn aus Schmiedeeisen der Widerhaken hat und der in ein vorgebohrtes Loch im Pfahle paßt. Figur 43 A und B zeigt einen solchen Pfahlschuh in der Seitenansicht und im Durchschnitt.

Der Zweck des Pfahlschuhes besteht hauptsächlich darin, daß er die harten Körper, worauf er trifft, durchstoßen oder leichter zur Seite drücken soll, als dies das Holz thun kann. Trifft aber die eiserne Spitze des Pfahls auf einen großen und festen Stein, oder auf Holzstämme, die im Grunde stecken, so ist

wohl schwerlich anzunehmen, daß diese Gegenstände ausweichen oder durchstoßen werden, sondern es werden dann eher die Fasern bei jedem Schlage des Rammklotzes sich auf dem Eisen umlehnen oder es wird der Pfahlschuh wohl gar seine Stellung verändern, da seine Verbindung mit dem Pfahle immer nur lose ist. In den erwähnten Fällen scheint daher der Nutzen der Pfahlschuhe sehr zweifelhaft zu sein, jedenfalls wird er aber nur in seltenen Fällen eintreten und dann ist auch die Anwendung schwerer und sehr sorgfältig bearbeiteter Schuhe nothwendig.

Um die Pfähle an ihren Spitzen fester zu machen, werden sie zuweilen angeflammt. Dieses Anflammen hat den Nutzen, daß die Spitze nicht so leicht abspalten und zersplittern wird.

Was die fernere Bearbeitung der Pfähle betrifft, so müssen dieselben vor dem Setzen recht eben und senkrecht gegen ihre Achse abgeschnitten werden. Um ferner ein Aufspalten des Kopfes zu verhindern, was sehr leicht eintreten kann, wenn der Rammklotz sehr nahe an den Rand des Pfahles trifft, wird der Rand an der Oberfläche des Pfahlkopfes gebrochen oder abgefaset. Häufig legt man auch um den Pfahl einen eisernen Ring, welches namentlich bei dem Einschlagen mit der Kunstramme erforderlich ist. Legen sich beim Aufschlagen des Rammklotzes die Holzfasern des Pfahls um, wodurch gleichsam ein weiches Polster gebildet wird, das den Effect der Ramme in hohem Grade schwächt, so muß man den Pfahl einige Zolle weit abschneiden, um frisches und festes Holz dem Schlage des Rammklotzes auszusetzen.

Die Länge der Langpfähle, so wie auch die der Grundpfähle, richtet sich nach dem vorgefundenen Grunde und nach der Tiefe, in welcher der feste Grund sich befindet. Man kann daher bei einem vorhabenden Bau nichts Bestimmtes darüber angeben. Wenngleich man auch den Grund mittelst Erdbohrer und Visitireisen genau untersuchen kann und dadurch sich eine genaue Kenntniß desselben verschafft, was bei jedem Bau von einiger Wichtigkeit stattfinden sollte, so läßt sich daraus dennoch selten genau bestimmen, bis zu welcher Tiefe die Pfähle unter den Einwirkungen des Rammbärs eindringen, sondern es läßt sich dies erst einigermaßen nach einzurammenden Probepfählen bestimmen. Beim Bau der Brücke zu Moulins über den Allier fand man, daß das Flußbett aus feinem Sande bestand, der auf 47 Fuß Tiefe hinabreichte und in diesen Boden waren die Pfähle nicht weiter als höchstens bis auf 15 Fuß einzurammen gewesen.

Aber selbst das Einschlagen von Probepfählen ist nicht immer unbedingt zuverlässig und es ist daher jedenfalls sehr zweckmäßig, die Länge der einzurammenden Pfähle immer einige Fuß größer zu nehmen, als die Probepfähle wirklich ergeben haben, indem selten die Oberfläche der festen Schicht eine ebene ist und überall in gleicher Höhe liegt. Besteht die feste Schicht z. B. aus Gestein, so kann es sehr leicht vorkommen, daß sich einzelne Klüfte in demselben finden, wo die Pfähle viel weiter eindringen und daher eine größere Länge für sie angenommen werden muß. Ein solcher Fall kam bei dem Bau der Brücke zu Orleans vor. Der Tuff, welcher den Untergrund bildete, zeigte eine so abwechselnde Oberfläche, daß mehrere Pfähle sehr bald zum Stehen

kamen, während die meisten erst in einer Tiefe von 30 Fuß feststanden und einzelne sogar 50 bis 60 Fuß eindrangen.

Geht der schlechte Baugrund so tief hinab, daß die längsten Bäume nicht hinreichen, um in den festen Boden, welcher sich unter der schlammigen oder weichen Erde befindet, hinlänglich eingerammt zu werden, oder auch gehen die Grundpfähle tiefer in den Grund, als man angenommen hatte und werden sie deshalb zu kurz, so müssen Pfähle auf einander gesetzt oder aufgepfropft werden. Dies geschieht in folgender Art.

Sobald der Pfahl so weit in die Erde eingedrungen ist, daß nur noch ein geringer Theil über dem Boden hervorragt, so wird, nachdem der Pfahlkopf senkrecht auf die Achse des Pfahls ganz eben abgeschnitten ist, ein zweiter Pfahl auf denselben gesetzt, dessen Ende ebenfalls genau senkrecht auf die Achsenrichtung desselben abgeschnitten und dessen Umfang mit dem des untern Pfahles passend zugearbeitet ist, so daß der Umfang beider Flächen einander gleich ist. Hierauf werden, wenn die Pfähle genau über einander stehen, nach Figur 26 drei eiserne Klammern eingeschlagen und jede derselben außerdem noch mit zwei starken Krammen befestigt. Da aber während des fortgesetzten Einrammens der Pfähle, das Hirnholz derselben in einander dringt, wodurch die Klammern selbst abgebogen und ihre Spitzen abgebrochen werden können, so ist es zweckmäßiger, statt dieser Klammern eiserne Schienen anzuwenden, die mit starken eisernen Nägeln an die Pfähle angenagelt werden. Eine solche Verbindung ist in Fig. 27 näher dargestellt. Die Nagellöcher in den Schienen werden länglich, damit beim Ineinanderdrücken der beiden Hirnseiten die eingeschlagenen Nägel nicht leiden und die Köpfe derselben abspringen. Zur bessern Befestigung werden hierum noch eiserne Ringe gelegt, wodurch dann gleichzeitig das Spalten der auf einander stehenden Pfahlenden verhindert wird.

Die von Perronet vorgeschlagene Methode zum Aufpfropfen der Pfähle ist in Fig. 28 dargestellt. Es wird hier die Oberfläche des Pfahles in vier Viertelskreise getheilt und das Holz alsdann in zwei einander entgegengesetzten Seiten ausgestemmt. Das aufzupfropfende Stück wird auf dieselbe Art ausgearbeitet und nachdem die stehengebliebenen Theile des letzteren in die ausgearbeiteten Theile des ersteren durch schwache Schläge mit dem Rammbär eingetrieben worden, werden um die ganze Verbindung, deren Länge 18 bis 24 Zoll betragen kann, ein oder zwei gute eiserne Ringe gelegt.

Diese letztere Verbindung steht aber hinsichtlich der Festigkeit der ersteren bedeutend nach, indem, wenn hier die Hirnseiten durch die fortgesetzten Schläge des Rammbärs in einander drücken, sehr leicht ein Spalten des einen oder des andern Pfahls erfolgen kann. Dasselbe wird namentlich stattfinden, wenn der untere Pfahl auf einen Stein trifft und sich absetzt und somit aus seiner Richtung kommt.

Langsdorff giebt in seiner Anleitung zum Straßen- und Brückenbau noch eine andere Methode des Aufpfropfens der Pfähle an. Nach demselben geschieht die Aufpfropfung am besten mittelst eines etwa 3 Zoll breiten Ringes, welcher so um den unteren Pfahl gelegt wird, daß er $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch über demselben hervorsteht; der Pfahl wird dann $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch von oben herab

um so viel schwächer gemacht, als die Dicke des Ringes beträgt. In der Mitte der Oberfläche des Pfahlkopfes wird nun ein doppelt zugespitztes 14 bis 16 Zoll langes Eisen, wie in Fig. 29 dargestellt, bis zur Hälfte eingetrieben, dann die Mitte von der Grundfläche des zweiten Pfahles auf die hervorstehende Spitze aufgesetzt und darauf niedergetrieben, so daß ihn der 1½ Zoll hoch hervorstehende Ring faßt.

Eine Verbindung dieser zuletzt angeführten Methode mit der in Fig. 27 dargestellten ist jedenfalls zweckmäßig und dieses noch um so mehr, da alsdann weniger leicht ein Abweichen der auf einander gestellten Pfähle stattfinden kann.

Das Verfahren des Aufpfropfens ist bei einzelnen Pfählen wohl zulässig, allein es darf durchaus nicht bei mehreren neben einander stehenden Pfählen vorkommen, weil alsdann die Gefahr eintritt, daß der Theil des Rostes, der darauf ruht, seitwärts umfallen möchte. Dazu kommt aber auch noch ferner, daß durch ein solches Aufpfropfen der Effect des Schlages der Ramme sehr geschwächt wird. Perronet führt an, daß beim Bau der Brücke zu Orleans manche Pfähle sogar zweimal gepfropft werden mußten, wo sie alsdann aber wirklich einen hinreichend festen Stand erreichten.

§. 34. Von der Stärke der Pfähle.

Die Stärke der Grundpfähle, so wie die der Langpfähle hängt einmal ab von ihrer Länge und ferner auch von der Last, welche sie tragen sollen. Nach Perronet sollen die Langpfähle bei 15 bis 18 Fuß Länge eine mittlere Stärke von 10 Zoll erhalten; für jede 6 Fuß mehr Länge muß die Stärke um 2 Zoll über die zuerst angeführte Stärke zunehmen. Die Grundpfähle von einer gewissen Länge brauchen verhältnißmäßig nicht so stark zu sein, als die Langpfähle, indem sie fast immer ganz in den Boden eingetrieben werden und daher weniger Gefahr vorhanden ist, daß sie sich biegen und durch das Wasser und die darin schwimmenden Körper abgenutzt werden. Es genügt daher bei diesen letzteren, daß man auf jede 6 Fuß Zunahme der Länge über jene ersten 18 Fuß die mittlere Stärke um 1 Zoll wachsen läßt, so daß also hiernach ein 30 Fuß langer Pfahl nur eine mittlere Stärke von 12 Zoll nöthig hat.

Es ist jedoch klar, daß man bei sehr langen Pfählen von dieser Regel ganz abweichen muß, indem man die auf solche Weise bestimmten Pfähle wohl schwerlich immer in der genügenden Maße und Anzahl bekommen dürfte. Allein im Allgemeinen ist eben kein sehr großes Gewicht darauf zu legen, weil die Umstände, welche eine größere oder geringere Stärke des Pfahls bedingen, sehr verschieden sind. Steckt der Pfahl seiner ganzen Länge nach in dem Boden, wie dieses mit den Grundpfählen beinahe immer der Fall ist, so kann derselbe sich nicht biegen, und es wird daher eine geringere Stärke ausreichen, um sehr große Lasten tragen zu können; und wenn dieselben auch mehrere Fuß weit frei stehen sollten, was aber selten vorkommt, so wird immer, so lange das Holz noch einigermaßen fest ist, keine Besorgniß eines Bruches entstehen. Nach Versuchen von Rennie trugen Prismen von Eichenholz, die 2 Zoll im Quadrat stark waren, bei einer Länge von resp. 2,4 und 6 Fuß noch Lasten von 80000

70000 und 50000 Pfund; dagegen trugen Prismen von Tannenholz, von denselben Abmessungen, nur etwa die Hälfte.

Steht dagegen ein bedeutender Theil des Pfahles frei, wie bei Jochpfählen und Bohlwerkspfählen der Fall ist, so muß derselbe einen solchen Durchmesser erhalten, daß keine Besorgniß aufkommen kann, es möchte aus Mangel an Festigkeit ein Biegen oder gar ein Bruch entstehen. Bei Bohlwerkspfählen kommt übrigens vorzugsweise die relative Festigkeit in Betracht; hierbei kommen jedoch wieder die anzuordnenden Erdanker zu Statten, deren Anordnung um so nöthiger ist, weil das Holz auch mit der Zeit seine Festigkeit verliert.

Das Entfernen des Splintes von den Pfählen ist durchaus nicht erforderlich; denn wenn derselbe auch wirklich eine geringere Festigkeit hat, als das Kernholz, so wird durch denselben die Tragfähigkeit des Pfahls doch immer bedeutend vermehrt; was aber außerdem noch besonders wichtig ist, ist, daß er den Kern vor manchen Beschädigungen schützt, denen er sonst unmittelbar ausgesetzt sein würde. Unter dem Wasser namentlich ist der Splint durchaus nicht nachtheilig, sondern er hält sich hier, wie bekanntlich alles Holz, das beständig untergetaucht bleibt. Nach den Untersuchungen, die Buffon über die Festigkeit des Splintes im Vergleich zu der des innern Holzes von demselben Eichenstamme anstellte, ergab sich, daß die Festigkeit des ersteren nur etwa um ein Fünfzehntel geringer sei, als die des letzteren. Wenn nun auch nicht in Abrede zu stellen ist, daß der Splint leichter vergänglich ist, als das innere Holz, so schützt er dennoch immer dasselbe vor der unmittelbaren Berührung mit dem Wasser und dadurch schon wird jedenfalls eine längere Dauer des Holzes erreicht.

§. 35. Von der Stellung der Pfähle.

Gewöhnlich und in den meisten Fällen werden die Grundpfähle, so wie auch die Langpfähle senkrecht eingeschlagen; jedoch giebt man den äußersten Brückenpfählen immer eine etwas schräge Richtung, damit das auf die Pfähle zu setzende Werk sich nicht verwerfen könne und auch den gegentreibenden Körpern ein besserer Widerstand entgegen gesetzt werde. Eben so giebt man auch den Bohlwerkspfählen größtentheils eine etwas schräge nach innen gehende Richtung, damit sie schon durch ihre Stellung dem Seitendruck der dahinter liegenden Erde etwas mehr Widerstand entgegensetzen können.

Die Grundpfähle werden, wie schon angeführt, gewöhnlich auch lothrecht eingerammt; indessen ist es in denjenigen Fällen, wenn das Erdreich nicht fest ist und auch sonst ein starker Seitendruck stattfindet, sehr nützlich, die Pfähle unter den äußeren Stirnflächen etwas nach innen zu geneigt, einzuschlagen, weil sie alsdann einem stärkeren Seitendrucke widerstehen und nicht so leicht von dem Seitendrucke der dahinter befindlichen Erde verschoben werden können.

Ferner ist zu erörtern, ob man die Pfähle in der Richtung einrammen soll, wie sie gewachsen sind, oder in einer umgekehrten, so daß das Stammende nach oben gekehrt wird. Es hängt dieses immer von besonderen Umständen ab. Es leidet nun aber keinen Zweifel, daß wenn der Pfahl nur auf einen gewissen kleinen Theil seiner Länge im Boden steckt und von dem ihn umgebenden

Erdreich in beiden Fällen auf eine gleiche Art gehalten wird, daß er alsdann dem Einbiegen oder Brechen durch eine Belastung besser widerstehen wird, wenn das Stammende nach unten, als wenn dasselbe nach oben gekehrt ist. Perronet empfiehlt daher auch bei Grundpfählen, das Stammende des Pfahls nach unten zu stellen. Der Behauptung, daß dadurch das Einrammen des Pfahls erschwert werde, widerspricht derselbe, indem er aus sorgfältig darüber angestellten Versuchen gefunden hat, daß der Pfahl bei solcher Richtung in einer, eben um den vierten Theil kürzeren Zeit zum festen Stande komme, als wenn das Wipfelende abwärts gekehrt sei. Das Eindringen des Pfahls geht hierbei anfangs zwar etwas langsamer, aber wenn er weiter herabgekommen ist, merklich schneller als im entgegengesetzten Falle. Dies scheint daher zu rühren, daß bei Pfählen, die mit ihrem Stammende abwärts gekehrt eingerammt werden, die Reibung beinahe gleichförmig ist, während sie bei denjenigen Pfählen, wo das dünne Ende des Pfahls unten ist, immer zunimmt und für den Rammbär einen Theil seiner Stoßkraft verliert, indem er seine Bewegung dem Erdreiche auf eine größere Fläche, die den Pfahl auf seine ganze Höhe umgiebt und unmittelbar berührt, mittheilt.

Indessen ist bei dieser Stellung der Pfähle zu befürchten, daß in demselben Maße, wie die Schläge des Rammbärs wirksamer werden, auch ein Eindrücken unter einer starken Belastung um so leichter erfolgen kann; denn die Compression des Bodens, wodurch das Eindringen des Pfahls jedenfalls erschwert wird, ist nicht dauernd, sondern gleicht sich nach einiger Zeit mit dem übrigen Erdreich wieder aus, wovon man sich durch die bekannte Erfahrung, daß nach einer Pause von mehreren Arbeitsstunden die Pfähle gewöhnlich wieder merklich besser ziehen, als es vorher geschah, überzeugt. Andererseits hat man aber auch, zwar nur in sehr seltenen Fällen, wahrgenommen, daß die Unterbrechung der Arbeit einen Erfolg hatte, der dem erwähnten gerade entgegengesetzt war, so daß die Pfähle, wenn sie einige Stunden ruhig gestanden hatten, gar nicht weiter eingetrieben noch herausgezogen werden konnten. Es wird daher ein Pfahl, dessen Stammende abwärts gerichtet ist, nach erfolgter Ausgleichung des Erddrucks weniger feststehen, als wenn er auf seine ganze Länge einen gehörigen Druck erleidet und ihn die Reibung hier überall zurückhält, was namentlich stattfindet, wenn der Pfahl mit seinem dünnen Ende abwärts gerichtet ist.

Soll dagegen das Ausziehen des Pfahls verhütet werden, so ist es jedenfalls vorzuziehen, die untere Spitze am dicken oder Stammende anzubringen, nur muß dann das obere Ende des Pfahls nicht so schwach ausfallen, daß er durch die Reibung gebogen wird, indem dadurch ein großer Theil der Kraft verloren gehen würde. Eben so ist es sehr zweckmäßig, die Pfähle mit ihrem Stammende nach unten zu stellen, wenn dieselben in einen compacten thonigen Boden eingerammt werden sollen, indem sonst, wenn man andere Pfähle daneben einrammt, erstere durch den Drang der Erde leicht wieder in die Höhe steigen. Uebrigens ereignet es sich auch, daß die Pfähle durch andere Ursachen in die Höhe steigen. So erzählt Perronet einen solchen Fall, der beim Bau der Brücke zu Orleans vorkam, woselbst ein Quell den Grund rings um einen

Pfahl so auflockerte, daß letzterer sich löste und in die Höhe schwamm. Einen andern Fall führt Eytelwein in seiner practischen Anweisung zur Wasserbaukunst an. Auf einer Schleusenbaustelle im Bromberger Canale bestand der Boden aus einer etwa 12 Fuß dicken Schicht Thon, der auf Sand lagerte. Nachdem nun die Thonschicht durchgraben und die Rammarbeiten fast beendigt, auch bereits die Fachbäume auf die Spundpfähle aufgebracht waren, hoben sich plötzlich alle Pfähle und Spundpfähle, und letztere so stark, daß sie den darauf liegenden Fachbaum um circa 9 Zoll aufwärts bogen. Dieses Ereigniß schrieb man hauptsächlich der starken Belastung des Seitenterrains zu, welche, da die Thonschicht durchgraben war und somit der bis dahin stattgefundene gleichförmige Druck derselben auf den Sand aufgehört hatte, diesen in die Höhe drückte und die eingeschlagenen Pfähle mit hob.

Welches Ende bei Langpfählen unten sein soll, hängt von derjenigen Höhe ab, in welcher der gewöhnliche Wasserstand stattfindet und der Eisgang sie trifft, weil an diesen Stellen die meisten Beschädigungen sich ereignen. Trifft nun diese Stelle über die Mitte des Pfahls, was wohl meistentheils der Fall ist, so muß das Zopfende des Pfahls nach unten gekehrt sein. Es wird alsdann, wenn solche unvermeidliche Beschädigungen nach und nach vor sich gehen, die Abnutzung weniger bedenklich sein, als wenn der Pfahl umgekehrt gestellt würde, weil im ersteren Falle der Querschnitt hier etwas größer ist, und folglich auch für eine längere Zeit eine genügende Holzstärke übrig beibt.

§. 36. Von der Entfernung der Pfähle von einander.

Die Entfernung der Grundpfähle und der Langpfähle von einander, hängt hauptsächlich von der Last ab, welche sie zu tragen oder der sie Widerstand zu leisten haben. Anderntheils hängt diese Entfernung aber auch von der Länge und Stärke der Pfähle ab. Da ferner das Mauerwerk und Alles, was von den eingerammten Pfählen getragen werden soll, meistentheils auf Schwellen ruht, die auf diese Pfähle gestreckt werden, so ist auch bei Bestimmung der Entfernung der Pfähle von einander, hierauf Rücksicht zu nehmen. Dienen aber die Langpfähle als Bohlwerkspfähle, so hängt ihre Entfernung von der Stärke der Bohlenbekleidung ab, gegen welche die Füllerde liegt.

Um die Anzahl der erforderlichen Pfähle zu bestimmen, verfährt man folgendermaßen: Ist z. B. die Last, welche sämmtliche Pfähle zu tragen haben, $= Q$; 9 dagegen diejenige Last, welche ein einzelner Pfahl mit vollständigster Sicherheit zu tragen im Stande ist, so läßt sich daraus leicht die Anzahl der erforderlichen Pfähle finden, indem man die ganze Last Q durch diejenige q dividirt, wo dann der Quotient $\frac{Q}{q} = n$ die Anzahl der Pfähle angiebt. Ist nun ferner die Länge des Pfahls, d. h. soweit derselbe aus dem Boden ragt, und seine Stärke bekannt, so läßt sich leicht q bestimmen.

Ist z. B. der Halbmesser des Querschnitts $= r$, die Länge des Pfahls, so weit er aus dem Boden ragt $= a$, so haben wir nach §. 28

$$209 = \frac{15\pi^3}{4} \cdot \frac{r^4}{a^2} \text{ und hieraus,}$$

$$q = \frac{3\pi^3}{16} \cdot \frac{r^4}{a^2}.$$

Es bezeichnet hier a nur die Länge des außerhalb des festen Bodens stehenden Theiles des Pfahls. Diese Länge muß jedoch größer und sogar der ganzen Länge des Pfahls gleich genommen werden, wenn das Erdreich locker ist und dem Biegen des Pfahls nicht Widerstand leistet.

In diesem letzteren Falle ist es aber nothwendig, die Pfähle so tief als möglich mit Zangen zu umgeben, wodurch dieselben unbedingt sehr bedeutend an Stand- und Tragfähigkeit gewinnen.

Der Druck, welcher auf einen Pfahlrost wirkt, wirkt zunächst auf den Rostbelag und durch diesen auf die Schwellen; es hängt aber auch, wie bereits oben angedeutet, die Entfernung der Pfähle von einander von der Stärke der Schwellen und des Rostbelags ab. Da nun die Entfernung der Schwellen von einander gewöhnlich zwischen 2 bis 4 Fuß beträgt, nach Verhältniß der Größe der Belastung, so kann die Stärke des Belags hiernach leicht bestimmt werden, indem man die ganze Belastung durch die Länge der Grundfläche des Pfeilers, in Zollen ausgedrückt, dividirt und diesen Quotienten dann bei gleichen Entfernungen der Pfahlreihen durch die Zahl der letzteren weniger 1 dividirt. Hierdurch erhält man den Druck, der über ein Stück des Rostbelags von 1 Zoll Breite und eine Länge, welche der Entfernung der Schwellen von Mitte zu Mitte gleich ist, und darüber gleichförmig verbreitet ist. Bezeichnet dann s diese Last, a die Länge, b die Breite und δ die zu suchende Höhe des Rostbelags, so ist nach §. 26 bei 20facher Sicherheit

$$s = \frac{2N}{5} \cdot \frac{b\delta^2}{a},$$

woraus sich dann δ leicht bestimmen läßt.

Zur Bestimmung der Stärke der Schwellen wird ganz ähnlich verfahren. Man dividirt nämlich die ganze Belastung des Rostes durch die Zahl der Schwellen, so erhält man ziemlich genau den auf jede einzelne Schwelle wirkenden Druck. Dividirt man alsdann diesen Quotienten wieder mit der Anzahl der Pfähle, welche in einer Längenreihe stehen, weniger 1, so ergiebt sich daraus die gleichförmig über ein Stück der Schwelle zwischen zwei neben einander stehenden Pfählen verbreitete Belastung und wird zur Bestimmung der Höhe bei gegebener Länge und Breite ebenfalls nach §. 26 verfahren.

In der Regel werden die Pfähle einer Längenreihe nur in Entfernungen von 3 bis 4 Fuß von einander eingerammt und man kann, wenn die Belastungen sehr geringe sind und kein Aufheben der Pfähle zu befürchten steht, diese Entfernung noch etwas größer annehmen. Die Entfernung der Längenreihen von einander nimmt man gewöhnlich zu 2 bis 3 Fuß, alle Abmessungen jedoch von Mitte zu Mitte gerechnet.

Bei den obigen Bestimmungen der Stärken der verschiedenen Theile des Pfahl- und Rostwerkes darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, daß Aeste und gewisse unvermeidliche Fehler in der Beschaffenheit des Holzes, die Stärke

desselben auch verändern, und es ist daher rathsam, daß man die durch obige Formeln bestimmten Resultate noch etwas geringer annimmt, und dieses noch um so mehr, da ein Fehler bei der Gründung eines Baues nicht verbessert werden kann und das mindeste Versehen beim Grundbau die nachtheiligsten Folgen für den ganzen Bau hervorbringen kann.

§. 37. Von den Spundpfählen.

Die Spundpfähle werden nicht, wie die Spitzpfähle in einiger Entfernung von einander, sondern so nahe neben einander eingerammt, daß sie sich unmittelbar berühren. Damit aber dieselben ihren Zweck erfüllen und eine wasserdichte Spund- oder Kernwand bilden können, erhalten sie an den Seiten, wo sie einander berühren, auf der einen Seite Hervorragungen oder Federn, auf der andern Seite dagegen Nuthen. Diese Federn und Nuthen erhalten solche Formen, daß die Feder an dem einen Spundpfahl in die Nuthe des unmittelbar nebenstehenden zweiten Spundpfahls eingreift und dadurch die Fuge in den Berührungsflächen zwischen je zwei Spundpfählen immer mehrfach gebrochen wird.

Was die Art der Spundung oder den Querschnitt der Federn und Nuthen anbetrifft, so hat man dazu mancherlei Formen in Vorschlag gebracht und auch ausgeführt; doch verdienen in der Regel die einfachsten, den gemachten Erfahrungen gemäß, stets den Vorzug vor allen künstlichen Zusammensetzungen. In den Figuren 30, 31, 32, 35 und 36 sind verschiedene Verspundungen dargestellt, die im Folgenden näher beschrieben werden sollen.

In Fig. 30 ist eine rechtwinkelige Spundung dargestellt. Hierbei wird, wie aus Fig. 30 A näher hervorgeht, auf der einen Seite des Pfahls eine Feder ausgearbeitet, deren Querschnitt ein Quadrat bildet; auf der andern Seite desselben wird aber eine Vertiefung oder Nuthe ausgearbeitet, die den Querschnitt der Feder hat, aber etwas größer wird, damit die Feder leicht hinein paßt. Bei den gewöhnlichen Spundwänden wird die Feder gleich dem dritten Theil der Stärke des Holzes genommen. Ist das zu den Spundwänden zu verwendende Holz aber sehr stark, wie z. B. dasjenige zu den Pfahlspundwänden, wo die einzelnen Spundpfähle nicht aus starken Bohlen, sondern aus Balken bestehen, so giebt man der Feder keine geringere Stärke als $2^1/_2$ Zoll und keine größere Stärke als $3^1/_2$ Zoll, indem sonst das Holz gar zu sehr geschwächt werden würde. Bei den Pfahlspundwänden pflegt man auch wohl, statt jeden einzelnen Pfahl mit einer Nuthe und einer Feder zu versehen, die Pfähle nach Fig. 42, Taf. 3, zu bearbeiten, so daß der eine Pfahl zwei Nuthen und der andere dagegen zwei Federn erhält. Es werden dann die Federn besonders eingesetzt und nicht aus dem vollen Pfahlholze umgearbeitet, wobei nur ein sehr bedeutender Verlust an schwerem Holze hervorgebracht würde. Diese eingesetzten Federn werden gewöhnlich aus Bohlen geschnitten und erhalten die doppelte Tiefe der Nuthe zur Breite.

In Fig. 31 ist eine sogenannte Grad- oder Keilspundung dargestellt. Um die Gestalt dieser Spundung zu erhalten, wird die Stärke des Holzes in vier

gleiche Theile getheilt und dann die beiden mittleren Theile zur Grundlinie der Keilfeder angenommen; die beiden äußern Theile dagegen zur Stärke der Backen. Die Keilfeder erhält die Gestalt eines gleichförmigen Dreiecks, und diesem entsprechend wird auch die zugehörige Nuthe ausgearbeitet, wie solches in Fig. 31 A angedeutet ist.

Diese beiden eben beschriebenen Spundungen lassen sich nur mit Vortheil bei stärkerem Holze anwenden, wo dann die Keilfeder ebenfalls aus schwächerem Holze angefertigt und in die Nuthe des Pfahls eingesetzt wird. Werden dagegen nur gewöhnliche Bohlen angewendet, die keine größere Stärke haben als 4 Zoll, so wird die Spundung nach der in Fig. 32 dargestellten Form ausgearbeitet, weil hierbei, wollte man die in den Figuren 30 und 31 angedeuteten Spundungen anwenden, sowohl die Federn als auch die Backen zu schwach werden und leicht abfallen würden, sobald beim Einrammen derselben, sich kleine Steinchen oder Kies zwischen die Spundung setzten.

Die in den Figuren 35 und 36 dargestellten Spundungen sind zu künstlich; sie erfordern einestheils sehr viele Arbeit, anderntheils aber springen die Spitzen der Federn in den Nuthen bei den starken Schlägen der Ramme sehr leicht ab; es sind daher diese Spundungen unbedingt zu verwerfen.

In Fig. 33 ist eine Spundung dargestellt, bei welcher die Pfähle immer zwei Nuthen erhalten. Die Pfähle werden mehrere Zoll von einander eingeschlagen und nachdem in die Nuthen Bohlen von der zugehörigen Breite und Stärke eingetrieben. Diese Art der Spundung, so wie auch die in Fig. 42, Taf. 3, dargestellte Spundung haben den großen Nachtheil, daß die Pfähle, die einzeln und ganz unabhängig von einander gesetzt werden, selten genau parallel zu einander kommen; man kann daher hierbei auf einen so genauen Schluß, wie es bei den andern Spundungen der Fall ist, nicht rechnen, es können hier vielmehr sehr leicht weit geöffnete Fugen oder Brüche in den Fugen und Backen entstehen, die natürlich von oben her gar nicht zu bemerken sind.

Ueberhaupt, was die Art der Spundung betrifft, so muß man durchaus von allen complicirten Formen abstrahiren; denn bei den starken Schlägen der Ramme ist zu besorgen, und sobald sich kleine Steine oder dergleichen Gegenstände zwischen die Spundung einklemmen, mit Sicherheit anzunehmen, daß die Federn gerade in solchen Fällen am ersten und leichtesten abbrechen, die Fuge geöffnet und somit das Entgegengesetzte von demjenigen hervorgebracht wird, was man durch eine solche künstliche Spundung, nämlich dichteres Schließen und ein innigeres Eingreifen, erreichen wollte.

Was die Stärke der Spundpfähle betrifft, so ist diese theils von ihrer Länge, theils von der Festigkeit des Bodens abhängig. Sie bleibt indessen wohl immer in den Grenzen von 4 bis 10 Zoll; denn wollte man Bohlen anwenden, die schwächer als 4 Zoll sind, so läßt sich darin die Spundung nicht mehr anbringen; beträgt die Stärke mehr als 10 Zoll, so läßt man auch wohl die Spundung ganz fort und es entsteht alsdann nur eine dichte Pfahlwand.

Die Spundpfähle werden gewöhnlich nur an den beiden breiten Seiten zugeschärft, wie solches in Fig. 30 C angedeutet ist, wodurch sich unter der

ganzen Spundwand eine fortlaufende Schneide bildet. Das Zuspitzen (Zuschärfen) der Spundpfähle oder Spundbohlen geschieht aber nicht an einzelnen Pfählen oder Bohlen, sondern man legt vielmehr die bereits mit Federn und Nuthen versehenen Hölzer, so viele derselben mit einem Male eingeschlagen werden sollen, auf eine wagerechte Unterlage so zusammen, wie man sie versetzen will, und versieht sie alsdann gemeinschaftlich mit der erwähnten Schneide. Dies ist deshalb nothwendig, um zu vermeiden, daß nicht einzelne Pfähle eine Zuschärfung erhalten, die nach der einen oder der andern Seite mehr geneigt ist, weil dadurch dieselben beim Einrammen sehr leicht nach dieser Richtung ausweichen.

Der an seinem unteren Ende zugeschärfte Spundpfahl erhält an der Seite, wo sich die Nuthe befindet, einen rechtwinkeligen Ausschnitt, welcher wegen der Vertiefung der Nuthe entsteht. Diese scheinbare Unebenheit verschwindet aber ganz, wenn man mehr Spundpfähle neben einander stellt, wie aus Fig. 30 B zu ersehen ist.

Häufig schneidet man an den Spitzen der Pfähle auch auf den schmalen Seiten die Ecken ab, wie in Fig. 40, Taf. 3, angedeutet ist. Es bleibt dann zwar unter jedem einzelnen Pfahl noch eine Schneide, aber zwischen je zwei dieser Schneiden bildet sich dann ein freier Zwischenraum von dreiseitiger Form. Oder man schrägt auch, wie in Fig. 41 dargestellt ist, die Spundung von einer Seite ganz ab, so daß dieselben gar keine Schneide behalten, sondern am untern Ende ganz spitz werden. Endlich schrägt man sie auch noch von beiden schmalen Seiten her ab, so daß die Pfähle auch eine Spitze bekommen, die aber in die Mitte des Pfahls trifft.

Bei diesen Anordnungen ist aber jedenfalls zu besorgen, daß, wenn sich ein Stein oder irgend ein fester Körper in einen solchen Zwischenraum einklemmt, die Spundpfähle dadurch aus einander getrieben werden.

Um aber einem solchen Uebelstande vorzubeugen und zugleich noch den Vortheil einer Zuschärfung in der erwähnten Richtung zu erreichen, hat man die Pfahlspitzen nach Fig. 44 bearbeitet, wodurch außer der ersten Schneide, die nach der Länge der Wand hingerichtet ist, an jedem einzelnen Pfahle noch eine zweite Schneide nach der Quere der Wand erhalten wird, die auf der äußeren Seite von einer senkrechten, auf der inneren Seite dagegen von der beabsichtigten schrägen Fläche begrenzt ist. Wie aus der Figur zu ersehen ist, ist die Bearbeitung einer solchen Zuschärfung ziemlich zusammengesetzt. Durch diese Zuschärfung will man einen bessern Schluß der Spundwand hervorbringen, indem beim Eintreiben des Pfahles die zweite Schneide, die nur an einer Seite stattfindet, denselben mit seinem unteren Ende nach dem fertigen Theile der Wand herüber drängt. Weit einfacher und jedenfalls eben so zweckmäßig ist das von Telford mehrfach angewendete Verfahren, wonach die untere Schneide an jedem einzelnen Pfahle nicht ganz horizontal, sondern ein wenig geneigt ist, ähnlich wie in Fig. 89 B, Taf. 8, angedeutet ist.

Ist der Grund, in welchen die Spundpfähle eingeschlagen werden sollen, nicht rein von Steinen oder sonst sehr fest, und läßt sich somit voraussetzen, daß beim Einrammen der Pfähle die Schneide einer Beschädigung unterworfen

sein wird, was hierbei offenbar viel leichter stattfindet, als bei den Spitzpfählen, so müssen dieselben mit eisernen Schuhen versehen werden. Häufig besteht nun ein solcher Schuh nur in einem um die Schneide umgebogenen Bleche, welches an beiden Seiten des Pfahls aufgenagelt wird und in manchen Fällen auch vollkommen genügt, wo nichts weiter beabsichtigt wird, als die Schneide gegen vorkommende kleine Steine im Grunde zu schützen. Zuweilen aber wendet man eigends dazu ausgeschmiedete Pfahlschuhe an, entsprechend den oben beschriebenen Pfahlschuhen für Spitzpfähle. Fig. 43 zeigt einen solchen Spundpfahlschuh. Derselbe erhält zwei Blätter, die gewöhnlich die Breite eines Spundpfahls nach Abzug der Breite der Feder und der Nuthe erhalten, weil, soweit die Federn und Nuthen gehen, kein Beschlag kommt. Die Pfähle werden unten glatt und zwar, wie auch aus der Figur ersichtlich ist, senkrecht auf die Längenrichtung derselben abgeschnitten. Die Nagellöcher in den Federn der Pfahlschuhe müssen auch hier eine längliche Form erhalten, damit die Nägel, sobald die Spitze des Pfahls auf die eiserne Grundfläche durch die fortgesetzten Schläge der Ramme sich noch etwas aufsetzt, in die Höhe rücken können, ohne daß die Köpfe derselben abspringen.

Zu den Spundpfählen wendet man kein trockenes, sondern ganz frisches, eben erst gefälltes Holz an, oder doch solches, welches im Wasser gelegen hat. Sobald die Spundpfähle angefertigt sind, müssen sie gleich darauf eingerammt werden, oder man muß sie vor einem starken Austrocknen möglichst sichern. Denn läßt man die Spundpfähle zu sehr austrocknen, so fangen sie beim Setzen an zu quellen und werfen sich leicht, wodurch aber die Arbeit des Einrammens einestheils sehr erschwert wird, indem beim Quellen des Holzes die Federn nicht in die zugehörigen Nuthen passen; anderntheils läßt sich auch dann keine dichte Wand mehr herstellen, weil die Federn natürlich nur so lange die einzelnen Pfähle gehörig zusammenhalten können, als dieselben willig folgen. Ein anderer Uebelstand, der sich auch beim Einrammen von ziemlich trockenen Spundpfählen stark bemerkbar macht, ist der, daß die ganze Wand sich stark zu werfen anfängt und selbst die Zwingen seitwärts drängt.

Viertes Capitel.

Von den Rammen.

---

§. 38. Allgemeines.

Um die Pfähle in den Erdboden festzustellen und bis zur nöthigen Tiefe herabzutreiben, bedient man sich der Rammen. Der wesentlichste Theil derselben ist ein schwerer hölzerner Klotz oder eine Eisenmasse, welche man Rammklotz, Rammbär oder auch einfach Bär nennt. Dieser wird abwechselnd gehoben und indem man ihn auf den einzuschlagenden Pfahl zurückfallen läßt, bewirkt er dessen tieferes Eindringen in den Grund.

Der Rammen giebt es nun vorzüglich dreierlei Arten und zwar: 1) die Handramme; 2) die Zugramme und 3) die Kunstramme.

§. 39. Die Handramme.

Das Heben der Handramme geschieht aus freier Hand und die ganze Vorrichtung besteht somit nur allein aus dem Rammkloße. Dieselbe besteht jedesmal aus Holz und zwar nimmt man der größeren Festigkeit wegen dazu Eichenholz. Damit die herumstehenden Arbeiter sie bequem fassen und heben können, wird der Rammkloß mit Handhaben versehen. Diese müssen jedoch einen freien Raum von mindestens zwei Zoll zwischen dem Kloße lassen, weil sonst die Arbeiter beim Heben desselben leicht ihre Knöchel wund stoßen würden. Der Querschnitt des Rammklotzes ist entweder ein Achteck oder ein Quadrat. Am untern Ende versieht man denselben mit einem eisernen Ringe, der sehr fest schließen muß, damit ein Aufspalten des Holzes verhindert wird. Bei der Anfertigung hat man besonders darauf zu sehen, daß das Holz recht trocken ist, damit es beim späteren Austrocknen nicht schwinde und alsdann der eiserne Ring lose werde. In Fig. 58, Taf. 4, ist eine Handramme dargestellt.

Da die Handramme, wie schon erwähnt, durch Menschen aus freier Hand gehoben wird und bei derselben höchstens vier Arbeiter angestellt werden können, so beschränkt sich das Gewicht derselben auf höchstens 100 Pfund, wobei aber dann auch noch immer nur starke Arbeiter angestellt werden müssen.

Daß der Effect einer solchen Ramme nicht groß sein kann, ist leicht einzusehen, man benutzt sie daher auch nur zum Einschlagen leichterer Pfähle, bei welchen es auf keine sonderliche Festigkeit ankommt.

Beim Gebrauch der Handramme bringt man auch häufig sehr zweckmäßig auf dem einzurammenden Pfahle selbst die Rüstung für die Arbeiter an, wodurch nicht nur das auf den Pfahl wirkende Gewicht vergrößert wird, sondern auch die Arbeiter beim tieferen Eindringen des Pfahls mit herabsinken, auf diese Art den Pfahlkopf immer in der passenden Höhe behalten und daher ohne Aufenthalt und ohne nöthig zu haben, das Gerüst zu verändern, fortarbeiten können. Es wird nämlich der Pfahl in einer Entfernung von circa zwei Fuß unter seinem Kopfe durchbohrt, und eine starke eiserne Stange hindurchgesteckt. Nachdem nun der Pfahl so weit in den Boden befestigt ist, daß er ohne weitere Unterstützung sicher steht, legt man zwei Bohlen oder starke Bretter, die unter sich verbunden sind, mit dem einen Ende über die Brechstange, mit dem andern Ende dagegen auf das Ufer, oder auf den Bord eines Schiffes, oder auf eine sonstige Rüstung und beschwert dieses letztere Ende, um ein Ueberwuchten des über die Brechstange wegragenden Theils der Bohlen zu verhindern.

§. 40. Von der Zugramme.

Bei der Zugramme wird der Kloß nicht aus freier Hand gehoben, sondern es ist an demselben ein Tau befestigt, welches über eine Scheibe läuft, die in

einem Gestelle angehängt ist, woran die Arbeiter ziehen und dadurch den Rammkloß heben.

Soll durch das Rammen der Grund gedichtet und festgestampft werden, so wird der Rammkloß durch unmittelbares Anfassen geleitet und derselbe erhält dann die in Fig. 61, Taf. 4, angedeutete Anordnung. Das hierzu erforderliche Gerüst besteht aus einem Triangel, der aus drei circa 25 bis 30 Fuß langen Sparren gebildet ist, die oben durch Taue fest zusammengebunden werden. An eins der überstehenden Sparrenenden wird die Scheibe gebunden, über welche das Rammtau läuft. Einer solchen Ramme bedient man sich hauptsächlich auch dann, wenn das Erdreich zwischen den eingeschlagenen Pfählen festgestampft werden soll. Zum Einschlagen von Pfählen ist eine solche Ramme aber unzweckmäßig, und man bedient sich dazu derjenigen Rammen, bei denen der Rammkloß nicht besonders geleitet zu werden braucht.

Es werden zu dem Ende an der Rüstung besondere Ruthen, Läufer oder Läuferruthen, auch Mäckler genannt, angebracht, welche den Kloß sicher führen.

Das Rammgerüst besteht nun vornehmlich aus einem Schwellwerk, der Läuferruthe, den Vorderruthen oder Vorderstreben und den Hinterruthen oder Hinterstreben. Das Schwellwerk kann entweder viereckig oder auch dreieckig sein, in welchem letzteren Falle die Ramme eine Winkel- oder Eckramme heißt.

In den Figuren 49, 49 A und B, Taf. 3, ist eine Ramme mit einem viereckigen Schwellwerke dargestellt. Das Schwellwerk Fig. 49 B besteht aus der Vorderschwelle a, der Hinterschwelle b, den beiden Seitenschwellen c, c und den beiden Mittelschwellen d, d. Diese Hölzer erhalten gewöhnlich eine Breite von 10 Zoll und eine Höhe von 11 Zoll und es sind dieselben durch Zapfen und eiserne Ueberwürfe so mit einander verbunden, daß sie hinreichende Festigkeit gewähren, aber auch wieder sehr leicht aus einander zu nehmen sind und von einem Orte zum andern gebracht werden können. In die Vorderschwelle werden nun die Läuferruthe e und die beiden Vorderruthen g, g, Fig. 49, mit Zapfen eingesetzt und am oberen Ende derselben werden alle drei Hölzer durch einen starken durchgehenden Schrauben- oder Splintbolzen fest mit einander verbunden, wodurch die Läuferruthe verhindert wird, nach der Seite hin auszuweichen zu können. Um ein Ausspringen der Vorderruthen aus ihren Zapfenlöchern zu verhindern, werden dieselben mit der Vorderschwelle durch eiserne Ueberwürfe verbunden, ähnlich wie in Fig. 57 D, Taf. 4, nach vergrößertem Maßstabe dargestellt ist. Um die Verbindung der Läuferruthe mit den Vorderruthen in einer lothrechten Stellung zu erhalten, sind die beiden Hinterruthen f, f mit Zapfen in die beiden Zwischenschwellen d, d eingesetzt und durch eiserne Ueberwürfe daran verbunden; ferner aber sind dieselben an ihrem obern Ende mit dem Läufer vermittelst eines durchgehenden Schrauben- oder Splintbolzens verbunden. Die Läuferruthe ist an ihrem obern Ende über den Streben ausgeschlitzt und in diesen Schlitz die Rammscheibe eingelassen, über welche das Rammtau vom Kloße k nach der sogenannten Stube oder dem Raume über der Verschwellung geht; auf die Verschwellung werden Dielen gelegt, worauf die

Arbeiter stehen und mittelst der an das Rammtau befestigten Zugleinen den Kloß heben und ihn dann plötzlich loslassen, so daß derselbe auf den Pfahl fällt und diesen eintreibt. Die eine Strebe in der vorderen Wand oder die Vorderstrebe ist mit Sprossen versehen und dient als Leiter, an welcher ein Arbeiter hinaufsteigen und die nöthigen Vorrichtungen beim Einbringen der Taue, beim Schmieren der Scheiben und dergleichen bewirken kann. Um das Setzen der Pfähle zu erleichtern, ist die Ramme noch mit einer besondern Winde n versehen, die sich in Einschnitten auf den beiden Hinterruthen bewegt und durch eiserne Bügel darin gehalten wird. Diese Vorrichtung ist in Fig. 50 nach vergrößertem Maßstabe dargestellt. Das Windetau geht von hier über den Krahnbalken oder Trietzkopf h, der auf dem obern Ende der Läuferruthe aufliegt. Derselbe hat in seiner Mitte unterhalb ein Zapfenloch, in welches ein oberhalb auf den Läufer angebrachter Zapfen paßt. Um das Ausheben des Krahnbalkens zu verhindern, dienen zwei Bolzen, welche durch denselben durchgesteckt werden und in die Aushöhlungen des Zapfens passen, wie aus Fig. 52, Taf. 4, näher ersichtlich ist. Der Zapfen ist nochmals in Fig. 52 B besonders dargestellt. Außerdem bindet man den Krahnbalken noch mittelst kleiner Stricke an den Läufer fest; die Stricke dürfen aber nicht zu stramm angezogen werden, damit der Krahnbalken noch einige Beweglichkeit nach beiden Seiten behält. Auch wird derselbe häufig durch eiserne Winkelbänder an die Läuferruthe befestigt. In diesen Krahnbalken sind zwei Scheiben eingelassen, über welche das Windetau läuft. In Fig. 51 ist die Verbindung des Kranztaues mit dem Rammtaue, woran die Zugleinen zum Aufziehen des Rammklotzes gebunden werden, noch besonders dargestellt.

Was den Rammklotz betrifft, so erhält derselbe, wie in den Figuren 59 und 59 A nach vergrößertem Maßstabe dargestellt ist, vier Arme, die seitwärts an der Läuferruthe vorbeigehen, und von denen je zwei hinter der Ruthe noch durch eiserne Bolzen mit einander verbunden werden. Um den Rammklotz in irgend einer Höhe an der Läuferruthe erhalten zu können, ist dieselbe an mehreren Stellen der Quere nach durchbohrt, welche Löcher dann dazu dienen, einen eisernen Bolzen m, Fig. 49, durchzustecken, auf welchem der Rammklotz mit seinen Armen ruht.

In den Figuren 57, 57 A und B ist eine sogenannte Winkelramme dargestellt. Diese unterscheidet sich von der vorigen nur durch eine andere Anordnung der Verschwellung; denn dieselbe besteht hier nur aus einer Mittelschwelle a, den beiden Seitenschwellen b, b und der Hinterschwelle c. Diese Schwellen sind unter sich durch Zapfen und eiserne Ueberwürfe verbunden, wie aus den Figuren 57 C und D näher ersichtlich ist. In die Mittelschwelle und zwar am äußersten Ende derselben, wird die Läuferruthe mit einem geächselten Zapfen eingesetzt. Ferner werden zwei Streben in die Seitenschwellen und zwei andere Streben in die Hinterschwelle mit Zapfen eingesetzt und durch eiserne Ueberwürfe damit verbunden. Am obern Ende werden je zwei dieser Streben mit der Läuferruthe mittelst durchgehender Schrauben- oder Splintbolzen verbunden. Auch hier wird die eine der vorderen Streben mit Sprossen versehen, um als Leiter dienen zu können. Die Anordnung des Krahnbalkens,

so wie auch der Windevorrichtung ist ganz ähnlich der bei der vorigen Figur beschriebenen. Diese Ramme dient hauptsächlich dazu, um in den Ecken der Baustelle, die durch die Fangedämme oder sonstige Gegenstände für die erste Ramme nicht zugänglich sind, Pfähle einzuschlagen.

In den Figuren 63, 63 A und B ist eine der Rammen dargestellt, welche Perronet beim Brückenbau zu Neuilly benutzte. Dieselbe hat nur eine hintere Strebe. Die vordere Mittelruthe wird von zwei Seitenstreben gestützt und ist diese ganze Vorderwand unter sich und mit der hintern Strebe noch durch Zangen und Schraubenbolzen gehörig verbunden. Die Winde, welche zum Setzen der Pfähle dient, trifft gerade in den Raum, wo die Arbeiter stehen und müssen dieselben sich daher zu beiden Seiten gleichmäßig vertheilen.

Außerhalb des Rammgestells ist die Scheere angebracht, worin der Rammklotz vor der vordern Wand der Ramme spielt; diese Einrichtung, welche aus den bezüglichen Figuren deutlich genug zu ersehen ist, ist besonders vortheilhaft beim Einrammen der Grundpfähle, indem man den Rammklotz bis unter die Verschwellung der Ramme unmittelbar wirken lassen kann. Ein anderer Umstand, worauf hier noch aufmerksam zu machen ist, ist die Größe der Rammscheibe. Dieselbe hält $3^1/_4$ Fuß im Durchmesser und ist unmittelbar hinter der vorderen Wand der Ramme befestigt. Da dieser Gegenstand aber von großer Wichtigkeit ist, so kommen wir auf denselben weiter unten wieder zurück. Der Rammklotz ist hierbei auch anders angeordnet, als bei den beiden vorhergehenden Rammen. Es erhält hier nämlich der Rammklotz acht Arme und zwar auf jeder der beiden Seiten, welche mit den Scheeren in Berührung kommen, vier Arme, welche dann zu beiden Seiten die Ruthen der Scheere umfassen und es wird somit dadurch ein Ausweichen des Rammklotzes verhindert.

In den Figuren 62 und 62 A ist ein solcher Rammklotz besonders dargestellt.

In den Figuren 64, 64 A und B ist eine Ramme dargestellt, welche doppelte Läuferruthen hat. Dieselben stehen aber zu nahe zusammen, als daß der Rammklotz zwischen ihnen spielen könnte. Der Rammklotz erhält daher nur zwei Arme, welche zwischen den Läuferruthen spielen. Die Anordnung des Rammklotzes ist aus Fig. 60 zu entnehmen. Das Uebrige erhellt leicht aus den bezüglichen Zeichnungen.

Wodurch diese Ramme sich hauptsächlich von den frühern Rammen unterscheidet, ist, daß bei dieser die Vorderschwelle beweglich ist. Man kann daher, da die Vorderwand in die bewegliche Schwelle mit Zapfen eingesetzt ist, diese Ramme auch zum Einschlagen schief stehender Pfähle anwenden, indem man den Bolzen, welcher durch das obere Ende der Hinterruthen und des doppelten Läufers geht, in den Hinterruthen um eins oder einige eigends zu diesem Zwecke durchgebohrte Löcher zurücksteckt, wodurch dann die Läufer eine schiefe Stellung erhalten und mehr nach hinten überhängen.

In den Figuren 65 und 65 A ist die Anordnung des obern Theils einer Scheerenramme dargestellt. Die Scheeren bilden zum Theil die Vorderwand mit und sind mit den vordern und hintern Streben unmittelbar durch Schraubenbolzen verbunden. Um die Scheerenruthen mit der Verschwellung verbinden

zu können, müßte die Anordnung der vordern Hauptschwelle ähnlich wie in Fig. 63 B bei der Ramme von Perronet angedeutet stattfinden. Außerhalb der Hauptschwelle müssen dann auf jeder Seite der Scheere Schwellen in die Ruthen derselben eingezapft und durch eiserne Bügel damit verbunden werden; in diese Schwellen würden dann die Seitenstreben eingezapft werden. Wenngleich somit die vordere Wand auch keine durchlaufende Schwelle erhält, so ist dieses eben nicht von großem Nachtheil, indem in geringer Entfernung von der Vorderwand die Hauptschwelle durchgelegt wird, mit welcher die Hölzer, womit die Scheeren verbolzt werden, überblattet und ebenfalls verbolzt werden. Um hier die Scheibe anzubringen, ist auf jeder Vorderruthe an der hintern Seite ein schmiedeeiserner Arm fest mit demselben verbolzt, in welchen dann die Scheibe läuft, wie aus Fig. 65 deutlich zu ersehen ist. Die Anordnung der Scheibenwelle ist in Fig. 65 B besonders angegeben.

Fig. 66, Taf. 6, zeigt ferner die sogenannte Stützenramme. Dieselbe zeichnet sich sehr vortheilhaft aus wegen der leichten Aufstellung und namentlich dadurch, daß man mit ihr in jeder beliebigen Neigung Pfähle einschlagen kann. Diese Ramme besteht aus der vordern verschwellten Wand und der hintern Stütze, gegen welche die Wand sich lehnt. Damit sie bei einem senkrechten Stande nicht etwa nach vorn überschlägt, ist am obern Ende der vordern Wand eine eiserne Oese angeordnet, durch welche ein sogenanntes Kopftau gebunden wird, welches mit dem andern Ende an einem in die Erde geschlagenen Pfahle befestigt wird. Soll die Ramme ganz sicher gestellt werden, so nimmt man zwei solcher Kopftaue, welche an verschiedenen Erdpfählen befestigt werden. Eine Windevorrichtung fehlt an dieser Ramme zwar, dagegen ist am obern Ende der Stütze eine eiserne Oese angeordnet, in welche man einen Flaschenzug hängen kann, mittelst dessen man den Pfahl sehr schnell, aber nicht mit so geringer Mannschaft, als bei der Windevorrichtung heben kann. Die Verbindung des Läufers und der Streben der Vorderwand mit der Schwelle muß nicht allein durch Zapfen, sondern auch durch starke eiserne Ueberwürfe bewerkstelligt werden, weil sonst die Ramme beim Gebrauch gar zu leicht schwankend werden würde und dadurch leicht Störungen in der Arbeit hervorgerufen werden können. Trifft es sich, daß man die Ramme nicht von derjenigen Seite gegen den einzutreibenden Pfahl schieben kann, wohin derselbe geneigt ist, so stellt man die Ramme so, daß der Pfahl zwischen ihre Schwelle und ihre Stütze trifft, und hängt den Kloß alsdann verkehrt ein, so daß derselbe dann auf der untern oder innern Seite der Läuferruthe spielt, und die Arbeiter außerhalb der vordern Wand der Ramme sich befinden.

Fig. 71, Taf. 7, zeigt eine Ramme, welche in Holland sehr gebräuchlich ist, und bei den größten Baumlagen angewendet wird. Dieselbe hat gar keine Verschwellung, sondern die drei Bäume, welche die ganze Rüstung bilden, sind unten mit eisernen Dornen versehen und oben sind sie durch einen eisernen Bolzen mit einander verbunden. Dieser Bolzen, in Fig. 72 nach vergrößertem Maßstabe dargestellt, ist in der Mitte mit einem Charnier versehen, und hat auf jeder Seite einen vorstehenden Ansatz, woran die Unterlagsscheiben sich lehnen können; an beiden Enden sind Schraubengewinde eingeschnitten, auf

welche Muttern passen. Auf der einen Seite des Bolzens werden die beiden Bäume in der vordern Wand der Ramme und auf der andern Seite desselben derjenige Baum, welcher die Stelle der Stütze vertritt, aufgeschoben und mit den Schraubenmuttern befestigt. Die drei Bäume bleiben somit beweglich und man kann sie unten willkürlich weit aus einander stellen. Damit die Bäume nicht in den Boden einsinken können, werden starke Bretter oder Bohlen untergelegt. Am oberen Ende des Gestelles ist mittelst einer Kette oder eines Taues die Rammscheibe angehängt, die meistentheils aus Gußeisen besteht und mit einem Bügelgestelle von Schmiedeeisen verbunden ist, wie in Fig. 56, Taf. 4, dargestellt ist. Der Rammklotz läuft zwischen den dünnen Ruthen der Scheere, die oben durch eiserne Bügel, welche in die Bäume der Vorderwand eingeschraubt sind, gehalten werden und die man entweder auf den Boden stellt oder mittelst Dornen auf der Rüstung aufstehen läßt. Bei dieser Ramme ist noch nothwendig, namentlich bei schweren Rammklötzen, daß sie durch ein Kopftau gehalten werde, weil sie sonst leicht überschlagen kann.

Diese eben erwähnte Ramme vereinfacht man in Holland nicht selten noch dadurch, daß man den dritten Baum, nämlich den Stützbaum fehlen läßt. In diesem Falle muß man aber mindestens zwei Kopftaue anwenden, die oben an das Gestelle befestigt und dann nach beiden Seiten herabgeführt werden.

Was die Höhe und Größe der Ramme betrifft, so richtet sich diese nach der Länge der unterzubringenden und einzurammenden Pfähle, wonach sich auch das Gewicht der zu gebrauchenden Rammbären richtet.

§. 41. Der Rammklotz.

Nachdem die Rüstungen verschiedener Zugrammen erklärt sind, verdient zunächst der Rammklotz eine nähere Beschreibung.

Derselbe besteht gewöhnlich aus Holz, doch auch nicht selten aus Gußeisen. Das Gewicht desselben hängt davon ab, welchen Widerstand die Pfähle dem Eindringen in den Boden entgegensetzen; sein Gewicht beträgt zwischen 300 bis 1400 Pfund, doch findet man auch Beispiele, wo diese Grenzen bedeutend überschritten werden.

Besteht der Rammbär aus Holz, so wird dazu gewöhnlich vom Stammende der Steineichen genommen; seltener aber und auch nur in Ermangelung des Eichenholzes, nimmt man dazu Eschen-, Ulmen- oder Ahornholz. Da aber selbst das festeste Holz der Erschütterung nicht lange widerstehen kann, die es bei dem immer wiederkehrenden Aufstoßen erfährt, und sich auch ohnedies sehr bald stumpf schlagen oder spalten würde, so wird, um dieses zu verhindern, um die Ramme ein starker eiserner Ring gelegt. Damit aber der Ring wirklich fest aufschließt, ist es nothwendig, daß das Holz schon vorher ziemlich ausgetrocknet war. Der Ring wird warm aufgebracht, damit er sich beim Erkalten noch zusammen ziehen kann und sich somit in das Holz noch fester einpreßt. Das Eisen darf aber nicht einen solchen Hitzegrad haben, daß das Holz verkohlt, weil der Ring sonst sehr bald lose werden würde. Zu mehrerer Befestigung dieses Ringes werden noch eiserne Schienen angeordnet, die an

beiden Enden umgedrängt sind und zwar oben gegen eine in das Holz eingetriebene starke eiserne Kramme und unten gegen den aufgeschobenen Ring fassen. Diese Schienen werden in den Rammkloß in ihrer ganzen Dicke eingelassen. Am obern Ende des Rammklotzes wird ebenfalls ein eiserner Ring aufgeschoben. In Fig. 59 und Fig. 59 A ist diese Anordnung dargestellt. Da aber hierbei durch Eintrocknen des Holzes die Ringe sehr leicht lose werden, und der Kloß dann bald Risse bekommt und sich stumpf schlägt, so muß man, um dieses zu verhindern, dem Kloße eine solche Gestalt geben, daß während des Gebrauchs der Ramme die Ringe auf den Kloß sich immer von selbst wieder festsetzen. Zu diesem Zwecke muß man dem Kloße nicht mehr eine prismatische, sondern vielmehr eine pyramidale Form geben. Die untere und die obere Fläche werden dann rechtwinkelig gegen diejenige Seite abgeschnitten, welche sich gegen die Läuferruthe lehnt. Die Ringe müssen, um eine gehörige Spannung hervorzubringen, eine hinreichende Breite und Stärke erhalten und gilt dies namentlich von dem unteren Ringe, der wenigstens 2 Zoll breit und $^1/_2$ Zoll stark werden muß. Die Ringe werden dann von oben aufgetrieben, und damit der unterste sich noch später senken kann, bleibt er anfangs noch circa 6 Zoll vom untersten Ende entfernt. Bei großen Rammklötzen bringt man wohl drei solcher Ringe auf. Um die Ringe, welche bedeutend vor den Seitenflächen des Klotzes vorstehen, von der Läuferruthe gehörig entfernt zu halten, da sie diese nur stark beschädigen würden, werden die Zwischenräume zwischen den Ringen an den bezüglichen Seitenflächen mit einem dünnen Brette von Eichenholz, das glatt behobelt ist, ausgefüttert und auch der Kloß festgestempelt. In den Figuren 73 und 73 A ist die beschriebene Anordnung dargestellt.

Um das Rammtau mit dem Rammkloße zu verbinden, schlägt man gewöhnlich eine starke eiserne Kramme in die obere Fläche des Klotzes, woran das Rammtau dann befestigt wird. Diese Kramme muß mindestens 1 Zoll und bei schweren Rammen auch $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser halten, und erhält dabei eine Länge von 9 bis 12 Zoll. Die beiden Spitzen, welche in das Holz eingetrieben werden, sind mit Widerhaken versehen und müssen genau parallel zu einander gerichtet sein. Die zugehörigen Löcher werden vorher ausgebohrt und darauf die Krammen kalt eingeschlagen. Fig. 60 zeigt eine solche Kramme in der Seitenansicht. In Fig. 59 ist die Anordnung eines eisernen Bügels dargestellt, welcher an seinen Enden Löcher erhält. Dieser Bügel wird in das Holz hineingearbeitet und mittelst eines durch das Holz des Rammklotzes und durch die erwähnten Löcher in dem Bügel durchgesteckten Schraubenbolzens festgehalten. Diese Anordnung ist aber nicht sehr zweckmäßig, sondern steht der vorerwähnten sehr nach; denn nicht allein, daß der Bügel immer lose bleibt, sondern durch das Aufstoßen des Klotzes bewirkt auch dieser Bügel jedesmal einen Stoß auf den durchgesteckten Schraubenbolzen, welcher dadurch sehr leicht beschädigt werden kann, ohne daß dieses sichtbar ist, weshalb ein solcher Bügel für die Rammarbeiten leicht gefährlich sein kann. Eine andere Anordnung ist in Fig. 62 dargestellt, wo die Oese, woran das Tau befestigt wird, an dem Kloße selbst angeschnitten ist. Wenn auch hierbei das Tau weniger leidet, indem es nicht eine so scharfe Biegung, wie um eine eiserne Kramme macht,

so verursacht doch die Kramme weit weniger Kosten als die Oese, zumal jene unvergänglich ist. Was aber ferner noch eine große Hauptsache ist, warum die Anordnung einer solchen Oese zu verwerfen, wenigstens nicht zu empfehlen, ist, daß die Anordnung einer solchen Oese auch für das zum Rammkloße zu wählende Holz eine größere Länge fordert. Die Oese oder Kramme muß genau über dem Schwerpunkt des Klotzes angebracht werden, weil dadurch das Spiel der Ramme wesentlich erleichtert wird.

Was die Befestigung der Arme im Rammkloße betrifft, so giebt man ihnen gewöhnlich prismatische Zapfen, und setzt diese in die im Rammkloße eingestämmten Zapfenlöcher ein, worin sie alsdann verbohrt und mit hölzernen Nägeln befestigt werden. Zu mehrerer Festigkeit legt man auch dann noch eiserne Schienen an, die um den Rammkloß gekröpft und mit Nägeln und Krammen daran so wie an die Arme fest genagelt werden, wie Fig. 62 zeigt. Oder man versieht die Arme auch mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen, die durch besondere Keile festgestellt werden, wie solches in Fig. 59 angedeutet ist. Diese beiden Anordnungen sind indessen nicht zu empfehlen, denn es ist gar kein Grund vorhanden, die Ausarbeitung eines weiteren Zapfenloches im Kloße zu vermeiden, da eine Schwächung desselben dadurch gar nicht hervorgebracht wird und eben so wenig ein Gewichtsverlust stattfindet. Ueberdies kann durch die Schwächung des Zapfens am Arme derselbe sehr leicht abbrechen, zumal wenn er nicht mehr ganz fest ist. Weit sicherer ist es daher, wenn man den Arm in seiner ganzen Höhe und Stärke in den Kloß eintreten läßt und ihn durch einen horizontal durchgesteckten eisernen Bolzen von ½ Zoll Durchmesser, der die ganze Breite des Klotzes zur Länge hat, befestigt. Erhält der Kloß vier Arme, so werden immer zwei Arme durch einen Bolzen festgehalten. Bei acht Armen oder bei einer Scheerenramme genügen ebenfalls zwei Bolzen, indem je zwei Arme dann immer aus einem hindurchreichenden Stücke Holz bestehen. Fig. 74 zeigt eine solche Anordnung.

Werden die Arme an ihrem hinteren Ende noch mit Riegeln versehen, so erhalten sie zu diesem Zwecke quadratische Oeffnungen von 2 bis 2½ Zoll Weite und Höhe. Der Riegel erhält an der einen Seite einen seitwärts vortretenden Kopf, damit er sich nicht ganz durchziehen kann; an der anderen Seite wird er dagegen durch einen von oben vorgeschlagenen gewöhnlichen eisernen Nagel gehalten.

Die schweren Rammklötze erhalten gewöhnlich am unteren Ende eine Stärke von 20 bis 22 Zoll im Quadrat. Nach Wiebeking soll aber der Rammkloß eine Stärke von 2 bis 2½ Fuß im Quadrat erhalten. Derselbe verwirft ebenfalls die Arme und will statt dessen, daß durch den Rammkloß der Länge nach, ein sogenanntes Läuferloch von 6 Zoll im Quadrat durchgearbeitet werde, durch welches Loch dann der einige Linien dünnere Läufer der Rammen geht. Er hat diese Anordnung des Rammklotzes bei vielen Rammen, die er gebrauchte, eingeführt; es hat jedoch gar keine Nachahmung gefunden, und wohl schon hauptsächlich aus dem einfachen Grunde, weil zu einem solchen Kloße ein sehr starkes Holz erforderlich ist, was aber immer seltener vorkommt.

Die gußeisernen Rammklötze kommen bei den Zugrammen zwar auch vor, aber eben nicht sehr häufig; dagegen finden sie desto mehr Anwendung bei den Kunstrammen. Die gußeisernen Rammklötze erhalten ebenfalls Arme, welche jedoch von Holz gemacht werden, und wo zu dem Ende die hierzu erforderlichen Oeffnungen schon gleich beim Gusse des Klotzes angebracht werden. Eben so werden dieselben auch an der Seite, welche gegen die Läuferruthe schleift, mit einer Holzunterfütterung versehen, weil sonst dieselbe durch die unmittelbare Berührung des Eisens zu sehr leiden würde. In Fig. 75 ist ein gußeiserner Rammklotz dargestellt.

§. 42. Von der Rammscheibe.

Ein sehr wichtiger Theil der Zugramme ist die Scheibe, über welche das Rammtau geführt wird. Dieselbe wird gewöhnlich aus Holz gefertigt, wozu man jedoch nur solche Holzarten wählt, die nicht allein sehr hart sind, sondern die sich auch sehr glatt reiben und die ferner keine große Schärfe zeigen, wo sie über den Spahn geschnitten sind. Es ist daher das Eichenholz nicht passend, um Scheiben daraus anzufertigen; dagegen läßt sich mit Vortheil das Weißbuchen- und Birkenholz dazu verwenden; bei kleineren Scheiben benutzt man gewöhnlich das Pockholz. Die kleineren Scheiben werden gewöhnlich aus vollem Holze ausgedreht; größere Scheiben werden aber vortheilhafter aus mehreren Stücken zusammengesetzt und theils durch Federn und Nuthen und durch eingelassene eiserne Schienen mit einander verbunden. Damit das Holz sich nicht wirft und aufreißt ist es sehr zweckmäßig, daß von Wiebeking vorgeschlagene Verfahren anzuwenden, welches darin besteht, daß, nachdem die Hölzer zu der Scheibe aus dem Rohen ganz fertig gearbeitet sind, dieselben vor dem Zusammensetzen in siedendes Oel getaucht werden und darin eine kurze Zeit liegen bleiben. Daß jedoch zu den Scheiben immer nur ganz trocknes Holz verarbeitet werden darf, versteht sich von selbst, denn nasses Holz würde beim Eintrocknen sich werfen und Risse bekommen, welches aber beim Gebrauch der Scheibe sehr nachtheilig werden würde, ja sogar gefährlich werden könnte.

In Fig. 54 ist eine Rammscheibe dargestellt, die aus drei Bohlenstücken zusammengesetzt ist. Die drei Bohlenstücken sind hier durch Federn und Nuthen, außerdem aber noch an jeder Seite durch fünf eingelassene eiserne Schienen, die gegenseitig mit einander mittelst durchgehender Niete vernietet werden, verbunden.

Fig. 55 zeigt eine Rammscheibe, die aus vollem Holze abgedreht und nur mit einer metallenen Büchse versehen ist, womit die Scheibe den Bolzen umfaßt, der ihr zur Achse dient.

Fig. 53 zeigt die Einrichtung einer größern Scheibe. Das Kreuz ist hier aus drei Stücken zusammengesetzt und zwar mittelst Nuthen, Federn und kurzen Einzapfungen, wie in der Figur durch punktirte Linien angedeutet ist. Auf dieses Kreuz werden die Stücke des Radkreuzes, welche unter sich durch eingelassene Stücke, die mit dem Radkreuze verbohrt werden, verbunden sind, aufgezapft. Um dem ganzen Rade eine genügende Festigkeit zu geben, wird

an jeder Seite eine eiserne Schiene in das Kreuz eingelassen und darauf so wie mit dem Radkranze mittelst langer und starker Holzschrauben befestigt. Diese Schienen, welche ihrer Lage nach sich unter einem rechten Winkel kreuzen, erhalten in ihrer Mitte einen Ansatz, in welchem die Büchse zu dem Bolzen der Scheibe sich befindet. Diese beiden Ansätze mit der Schienenstärke machen zusammen die ganze Dicke der Scheibe aus.

Man hat noch mehrerlei Verbindungen der Scheiben vorgeschlagen und auch ausgeführt, allein es genügen diese drei hier angegebenen Fälle vollkommen.

Es muß jedoch dabei noch bemerkt werden, daß es von großer Wichtigkeit ist, möglichst wenig Hirnholz in der Rille, worin das Tau ruht, vortreten zu lassen, weil dadurch das Tau besonders leiden würde; denn wenn auch die Rille in kurzer Zeit eine polirte Oberfläche annimmt, so hört dennoch die Reibung nicht auf, was dadurch am deutlichsten zu erkennen ist, daß die Rillen immer tiefer werden. Es ist daher stets vortheilhafter, den Kranz aus mehreren Felgenstücken zusammenzusetzen und hierzu womöglich noch krummgewachsenes Holz zu nehmen. Bei größeren Scheiben wird die nöthige Anzahl der Felgenstücke noch größer, als bei obigem Beispiele angedeutet ist; es werden aber hierdurch auch eine größere Anzahl Arme erforderlich, die man alsdann am vortheilhaftesten in eine förmliche Nabe einsetzt und die Arme in Speichen verwandelt, so daß also die Scheibe die Gestalt eines Wagenrades erhält. Dabei wird es aber nöthig, daß die einzelnen Felgenstücke durch eiserne Schienen mit einander verbunden werden.

Die Scheibe wird gewöhnlich in der Läuferruthe befestigt, woselbst sie in einem Schlitze eingesetzt wird. Die Scheibe muß jedoch eine solche Stellung erhalten, daß das Rammtau von der Scheibe ab bis zum Rammklotz parallel zur Läuferruthe steht; es muß daher die Scheibe vor der Läuferruthe so weit vortreten wie der Aufhängungspunkt des Klotzes. Ferner muß die Scheibe nicht einen gar zu kleinen Durchmesser erhalten, indem sonst ein zu großer Theil der Kraft in der Ueberwindung der Steifigkeit des Taues verloren geht. Nach Hagen beträgt diese Reibung und der nöthige Ueberschuß der Kraft über die Last bei einem Rammklotze von 12 Centner Gewicht und bei einem Durchmesser des Taues von $1\frac{1}{2}$ Zoll,

wenn die Scheibe einen Durchmesser von					9	Zoll	hat	165	Pfund,
„	„	„	„	„	„ 12	„	„	121	„
„	„	„	„	„	„ 18	„	„	82	„
„	„	„	„	„	„ 24	„	„	62	„
„	„	„	„	„	„ 30	„	„	49	„
„	„	„	„	„	„ 36	„	„	41	„

Hieraus läßt sich ersehen, wie zweckmäßig und vortheilhaft es ist, möglichst große Scheiben anzuwenden, denn durch die Vergrößerung der Scheibe von 9 auf 24 Zoll wird allein in Beziehung auf die Steifigkeit des Taues die nöthige Kraft schon um 103 Pfund vermindert. Die Scheiben, welche Perronet gebrauchte, hatten insgemein einen Durchmesser von 3 Fuß 4 Zoll.

Wie schon erwähnt findet die Scheibe ihre Befestigung in der Läuferruthe; damit aber der oben erwähnten Bedingung über das Vortreten der Scheibe vor

der Läuferruthe genügt wird, so muß, wenn das Bohrloch für die Achse der Scheibe gar zu nahe an den vordern oder hintern Rand des Läufers kommt, noch eine Armirung angebracht werden, welche entweder darin besteht, daß man Pfannenlager anordnet, die auf die Ränder des Läufers aufgeschraubt werden, oder man bringt Arme von Holz an, wie in Fig. 52 angegeben, die in die Läuferruthen eingezapft und durch hölzerne Knaggen unterstützt, aber durch starke eiserne Schienen noch besonders befestigt werden. Oder man ordnet auch Pfannenlager an, die auf eisernen Armen ruhen, welche an die Läuferruthen mittelst durchgehender Schraubenbolzen befestigt sind, wie Fig. 65 zeigt.

Da meistentheils die Rille in der Scheibe nicht tief eingeschnitten ist, so kann es leicht vorkommen, daß das Tau herausspringt und sich festklemmt, wodurch aber die Arbeit manchmal sehr fatal gestört wird. Um dies zu verhindern, setzt man an die Läuferruthe zu beiden Seiten noch breite Backenstücke an, welche eben so weit als die Scheibe selbst, nach vorn und nach hinten vortreten und denselben Zwischenraum darstellen, als der Schlitz breit ist, worin sich die Scheibe befindet. Diese Backenstücke dürfen aber nicht allein durch Nägel befestigt werden, weil sie in diesem Falle sich sehr leicht lösen und herabstürzen könnten, sondern es muß auf jeder Seite mindestens ein Schraubenbolzen hindurch gehen. Fig. 67 B zeigt diese Backenstücke.

Was die Achse der Scheibe betrifft, so ist es immer am zweckmäßigsten, wenn die Scheibe auf der Achse festsitzt und somit die Achse zugleich mit der Scheibe sich drehen muß, wodurch die Reibung jedenfalls vermindert wird. Bei den gewöhnlichen Rammscheiben besteht die Achse jedoch in einem losen Bolzen mit vorgestecktem und umgebogenem Splinte, der zu beiden Seiten durch das Holz der Läuferruthe ragt.

Endlich soll hier noch erwähnt werden, daß man auch zuweilen zwei Scheiben bei einer Ramme angewendet hat. Wenn man dadurch bei den größeren Rammen auch den Vortheil erreicht, daß die beiden Rammtaue, die darüber geführt sind, schon in einer bedeutenden Entfernung von einander herabhängen und somit die Arbeiter an ihren Zugleinen weniger schräge ziehen, als wenn dieselben sämmtlich an einem Rammtaue befestigt wären, so tritt dennoch dabei der sehr nachtheilige Umstand ein, daß selten an beiden Tauen zugleich mit gleichmäßiger Kraft gezogen wird, wodurch aber jedenfalls ein Kraftverlust entsteht und in Folge dessen der Rammkloß weniger in die Höhe geschnellt wird, als dies bei einer Scheibe der Fall sein würde.

Häufig wendet man auch statt der hölzernen Scheiben gußeiserne an. Hierbei muß man nur darauf sehen, daß die Rille in der Scheibe möglichst glatt ausgefeilt und von allen Unebenheiten befreit ist, namentlich auch noch, daß keine vorstehenden scharfen Ränder mehr vorhanden sind, weil sonst dadurch das Rammtau sehr bald zerschnitten und untauglich gemacht werden würde, zumal da beim Aufschlagen des Rammklotzes die Scheibe sich noch weiter dreht, während das Tau festgehalten wird. Ein sehr wichtiger Vortheil der gußeisernen Scheiben ist ihre Dauer und Festigkeit. Fig. 56 zeigt eine gußeiserne Scheibe. Man bedient sich derselben meistentheils bei der Scheerenramme Fig. 71. Auch bei denjenigen Rammen wird sie gebraucht, wo der Rammkloß durch unmittelbares

Anfassen geleitet wird. Die Construction ergiebt sich aus der Figur hinlänglich, und es soll hier nur noch bemerkt werden, daß man, wenn man den Bügel zum Auseinandernehmen einrichtet, die Achse in der Scheibe fest keilen kann und sie dann auf Pfannenlagern ruhen läßt. Sehr häufig nimmt man auch statt der gußeisernen Scheibe eine hölzerne Scheibe zu dem Bügel, der dann unverändert bleibt.

§. 43. Vom Gebrauch der Rammen.

Nachdem die Ramme aufgestellt und das Rammtau eingeschoren und gegen den Rammkloß angebunden ist, wird der Pfahl mittelst der Winde, deren Tau über den Triezkopf läuft, oder mittelst eines Flaschenzuges (Fig. 76) unter den Rammkloß gebracht und lothrecht aufgestellt; nachdem der Pfahl seine richtige Stellung erhalten hat, wird derselbe mittelst eines Taues oder einer Kette gegen die Läuferruthe festgeknebelt und der Kloß bis auf den Pfahl herunter gelassen. Was nun die fernere Ausführung der Rammarbeiten betrifft, so werden die Arbeiter rings um das Rammtau gestellt, so daß sie alle mit dem Gesichte demselben zugekehrt sind. Um die Zugleinen, deren Anzahl eben so groß ist, als die der Arbeiter, mit dem Rammtaue zu verbinden, bedient man sich des sogenannten Kranztaues, welches in Fig. 51 besonders dargestellt ist, und woran die Zugleinen, deren Stärke jedoch nur circa $^3/_8$ Zoll beträgt, festgesteckt werden. Es kommt nun sehr darauf an, daß sie die gehörige Länge erhalten und recht hoch am Rammtaue befestigt sind, wodurch die nachtheilige schiefe Richtung derselben möglichst vermindert wird. Außerdem müssen aber die Arbeiter sich so in concentrischen Kreislinien aufstellen, daß die Zugleinen jedesmal in die äußere Fläche eines senkrechten Kegels fallen, dessen Achse in der Richtung des schief gezogenen Rammtaues liegt, so daß hiernach die äußersten Arbeiter in den Umfang einer Ellipse zu stehen kämen. Die kleineren Arbeiter kommen im innern, die größern dagegen nach außen zu stehen. Das Rammtau wird durch einen Arbeiter geleitet, welchen man den Rammmeister nennt und der das Commando über die übrigen Arbeiter führt. An den Zugleinen werden Knebel oder kurze Handhaben befestigt, woran die Arbeiter den Zug äußern; diese Knebel bestehen in einem cylindrisch zugeschnittenen Holze von $1^1/_2$ Zoll Durchmesser und circa 12 Zoll Länge. Dieselben müssen sich immer in der passenden Höhe befinden, weshalb sie beim tieferen Eindringen des Pfahls zu verstellen sind. Die passendste Höhe für die Knebel ist die, daß sobald der Rammkloß auf dem Pfahle aufsteht, derselbe vor den Augen des Arbeiters schwebt. Um für die Mannschaft einen mehr senkrechten Zug möglich zu machen, befestigt man einen großen eisernen Reif durch mehrere starke Leinen horizontal an dem Rammtaue, und an diesem die Zugleinen. Oder man verbindet mit dem Rammtaue einen Baum oder eine Bohle, woran die Zugleinen angesteckt werden. Hierdurch werden die Zugleinen zwar etwas weiter aus einander gebracht, allein es tritt dabei immer der Uebelstand hervor, daß einmal der Schlag des Rammklotzes durch ein Gegengewicht nicht unbedeutend geschwächt wird, sondern daß außerdem auch noch Schwankungen eintreten, die ein scharfes und kräftiges

Anziehen ganz verhindern. Wenn nun auch das Kranztau nicht zuläßt, daß die Zugleinen weiter aus einander gebracht werden, so ist doch dabei der Zug immer schärfer und kräftiger, als bei den oben erwähnten Anordnungen.

Der Rammkloß wird dadurch in Bewegung gesetzt, daß die Arbeiter die Zugleine scharf anziehen, indem sie den Knebel abwärts drücken und zwar anfänglich mit einer mäßigen Geschwindigkeit, zuletzt aber mit einem heftigen Ruck oder Stoß, so daß der Kloß vermöge der zuletzt erhaltenen Geschwindigkeit noch merklich höher heraufspringt. Die ganze Höhe des Zuges, bis zu welcher der Kloß gehoben wird, beträgt gewöhnlich $3\frac{1}{2}$ bis 4 Fuß; durch den letzten Stoß, welcher auf den Knebel ausgeübt wird, erreicht man indessen, daß der Kloß nicht selten einen Fuß höher springt, so daß die Hubhöhe des Klotzes gewöhnlich $4\frac{1}{2}$ bis 5 Fuß beträgt, und man kann bei der gewöhnlichen Bemannung der Zugrammen auch immer dieses Maß annehmen. Wenn die Arbeiter sich sehr anstrengen, so können sie während einer kurzen Dauer die Hubhöhe des Rammklotzes in einzelnen Fällen bis auf 6 bis 7 Fuß vermehren, doch bei außerordentlichen Anstrengungen hat man sogar den Kloß bis 10 Fuß Höhe geschnellt. Allein solche Anstrengungen ermüden die Arbeiter zu sehr, als daß sie dieselbe während einer längeren Dauer fortsetzen könnten, und kann man sehr zufrieden sein, wenn während der ganzen Arbeitszeit die Hubhöhe durchschnittlich $4\frac{1}{2}$ Fuß beträgt.

Gewöhnlich rechnet man beim Rammen auf jeden Mann ein Gewicht von 30 Pfund; doch findet man hiervon auch viele Abweichungen. Bei den Arbeiten an der Brücke zu Orleans hatte man für einen Rammkloß von 600 Pfund 16 Mann angestellt, so daß auf jeden einzelnen ein Gewicht von $37\frac{1}{2}$ Pfund traf. Cessart dagegen rechnete auf jeden Mann nur 24 Pfund, was mit Perronets Angabe ziemliich übereinstimmt; derselbe sagt in der Abhandlung über Grundpfähle, daß man bei Rammklötzen von 600 Pfund 24 Arbeiter, bei einem Rammklotze von 700 Pfund 28 Arbeiter und bei einem Rammklotze von 1200 Pfund Schwere 48 Arbeiter anstellen müsse. Diese Gewichtsannahme ist jedenfalls die zweckmäßigste, denn die Rammarbeit ist zu sehr anstrengend und muß durch vielfache Pausen schon so unterbrochen werden. Diese Pausen müßten aber noch bedeutend vermehrt und verlängert werden, wollte man auf jeden Arbeiter ein bedeutend größeres Gewicht annehmen. Es ist hierbei auch noch zu berücksichtigen, daß durch den schiefen Zug an den äußeren Zugleinen schon ein bedeutender Theil der Kraft verloren geht, indem nur der Theil von dieser Kraft auf das Rammtau sich überträgt, der vertical abwärts gerichtet ist. Es geht hieraus also auch hervor, daß wenn auf jeden Mann nur 25 Pfund Gewicht des Rammklotzes angenommen wird, jeder Arbeiter dennoch immer ein größeres Gewicht in die Höhe zu ziehen hat. Es erfolgen jedesmal 25 bis 30 Schläge unmittelbar auf einander; man nennt dieses eine Hitze und alsdann tritt eine Pause von 2 bis 3 Minuten ein. Wenn nun auch alle 4 Minuten eine Hitze von 25 Schlägen trifft, so werden während einer Stunde 15 derselben vorkommen und während der 10 Arbeitsstunden 150 Hitzen, was man auch gemeiniglich erreicht.

Da bei den großen Rammen gewöhnlich eine große Anzahl Arbeiter an-

gestellt werden müssen, die nur bei den eigentlichen Rammarbeiten ihre volle Beschäftigung finden, dagegen während der vielfachen Nebenarbeiten beim Verfahren der Rammen und beim Setzen der Pfähle größtentheils unbeschäftigt bleiben und da ferner im Anfange des Eintreibens eines Pfahls immer vielfacher Aufenthalt beim Richten desselben entsteht, so ist es jedenfalls viel vortheilhafter, sich zweier Rammen zu bedienen, von denen die eine mit einem leichteren Rammkloße von höchstens 400 Pfund versehen ist. Mit dieser werden die Pfähle so tief eingerammt, daß sie einigermaßen zum Feststehen kommen und somit beim Nachschlagen mit der zweiten Ramme die Nebenarbeiten, außer dem Verfahren der Ramme, aufhören.

Sollen die Pfähle schräg eingerammt werden, so muß die Ramme eine solche Stellung erhalten, daß die Läuferruthe mit der Richtung, nach welcher der Pfahl eingeschlagen werden soll, parallel ist. Mittelst der oben beschriebenen Stützrammen (Fig. 66) ist dieses sehr leicht auszuführen. Die Methode den Rammkloß auf den Kopf des schräg einzutreibenden Pfahls senkrecht herabfallen zu lassen, wobei dann der Pfahl rückwärts abgesteift wird, um ein Abbrechen oder Niederdrücken zu verhindern, ist im höchsten Grade unzweckmäßig. Denn wenn auch der senkrecht gegen die Achse des Pfahls gerichtete Stoß durch eine recht feste Absteifung gehoben wird, so daß alsdann der vertical niederfallende Kloß den Pfahl auch schräg eintreiben muß, so findet dennoch ein gar zu großer Verlust an Kraft Statt. Eben so erfordert ein solches Einrammen nicht allein eine bedeutend längere Zeitdauer, sondern es ist auch ein sehr festes Gerüst dazu erforderlich, um den einzutreibenden Pfahl in seiner festen Stellung erhalten zu können.

Häufig trifft es sich und namentlich findet dies Statt bei Grundpfählen, daß der Pfahl bis unter das Schwellwerk der Ramme eingetrieben werden muß. In diesen Fällen kann man, ohne andere Hülfsmittel anzuwenden, nur die Scheerenrammen Fig. 65 und Fig. 71, oder auch die Ramme von Perronet, Fig. 63, benutzen, indem hierbei die Scheere durch Einsetzen anderer Bäume sich leicht verlängern läßt, und man somit den Rammkloß bis unter die Schwelle herab spielen lassen kann. Bei den gewöhnlichen Rammen muß man in solchen Fällen, so wie auch in denjenigen Fällen, wenn Pfähle bis unter die Oberfläche des Wassers eingerammt werden sollen, sich des sogenannten Aufsetzers oder Knechtes bedienen. Der Knecht besteht gewöhnlich aus einem Stücke Eichenholz; am untern Ende wird ein eiserner Dorn in denselben hineingearbeitet und oben und unten wird er mit starken eisernen Ringen versehen, wie bei den Rammklötzen. Der eiserne Dorn greift in ein in dem Pfahlkopfe hergestelltes Bohrloch und verhindert dadurch, daß beim Aufspringen des Knechtes, dieser aus seiner Stellung weichen kann. Um den Knecht an den Läufer zu befestigen, wird er oben mit zwei oder einem Arme versehen, die denen des Rammklotzes gleichkommen und womit er die Läuferruthe umfaßt, oder er greift durch selbige hindurch und wird dahinter wieder mit einem Riegel gehalten. Sobald der Knecht gebraucht werden soll, muß zunächst der Kopf des Pfahls, der gewöhnlich schon stumpf geschlagen ist, abgeschnitten und darauf das Loch für den erwähnten Dorn eingebohrt werden, jedoch so, daß beim Aufsetzen des

Knechtes dieser mit dem einzurammenden Pfahle und der Läuferruthe in eine Richtung fällt. In Fig. 77 ist die Anordnung eines solchen Aufsetzers gezeigt.

Bei Anwendung des Knechtes tritt aber jedesmal eine sehr starke Schwächung des Effectes der Ramme ein, was eine Folge von der Uebertragung des Stoßes von dem einen Kloße auf den andern ist; denn nun kann der Rammkloß den Pfahl bis zu seiner Spitze hin nicht mehr in solche Schwingungen bringen, als wenn der Rammkloß unmittelbar auf den Pfahl fällt. Die Verminderung des Effectes hängt ferner auch von der Länge des Knechtes ab, denn je länger derselbe ist, desto größer ist der Verlust, aber eben so wird auch dadurch der Verlust an Kraft bedeutend vermehrt, wenn die Oberflächen des Pfahlkopfes und des Aufsetzers nicht recht festes Holz zeigen oder sich nicht vollständig berühren.

Wiebeking stellte darüber Versuche bei einem Jochpfahle der Landsberger Brücke an. Als er nämlich den 7. Pfahl des Joches einrammen ließ, rückte derselbe mit der 36. Hitze (jede zu 30 Rammschlägen) noch 10 Linien in den Grund; darauf ließ er einen hölzernen Kloß dergestalt auf den Pfahl legen, daß seine Holzfibern horizontal lagen, und nun eine Hitze von 30 Schlägen darauf, mit gleicher Fallhöhe von 68 Zoll, machen. Bei dieser Hitze rückte der Pfahl nicht tiefer ein, als eine Linie. Bei der folgenden Hitze ließ er den aufgelegten Kloß wegnehmen und der Pfahl rückte wieder 7 Linien ein. Bei den folgenden beiden Hitzen wurde ein Kloß vertical auf den Pfahl aufgestellt und hierbei rückte der Pfahl jedesmal 4 Linien ein. Nach Wegnahme des Klotzes und bei einer folgenden Hitze von 29 Schlägen rückte der Pfahl auf's Neue wieder 6 ½ Linien ein. Man sieht also hieraus deutlich, wie bedeutend der Effect durch das Aufsetzen eines Knechtes geschwächt wird.

Um die Ramme aufzurichten, legt man zunächst die Läuferruthen nebst den beiden vordern Streben und der zugehörigen Schwelle flach auf dem Boden zusammen und verbindet hiermit alsdann die übrige Verschwellung und die beiden hintern Streben. Hierauf befestigt man ein starkes Tau am Kopfe der Ramme, zieht dieses über die hintere Schwelle und läßt es mittelst eines Flaschenzuges stark anziehen, wodurch, indem man anfangs den Kopf der Ramme durch Anfassen etwas hebt, bald eine solche Stellung der Ramme erreicht wird, daß die Anwendung eines zweiten Taues, des sogenannten Stopftaues, nothwendig wird, welches ebenfalls an dem obern Theile der Vorderwand befestigt ist und dazu dient, die Ramme zurückzuhalten, daß sie nicht zu heftig auf die Verschwellung niederfällt. Wird mit mehreren Rammen gearbeitet und hat man schon eine derselben aufgestellt, so benutzt man deren Winde zum Aufrichten der übrigen Rammen. Das Versetzen der Ramme geschieht einfach durch Hebebäume oder Brechstangen; soll eine Ramme ziemlich weit hin versetzt werden, so werden mehrere Dielen auf den Boden gelegt und die Rammen dann auf walzenförmigen Hölzern weiter transportirt.

§. 44. Von der Kunstramme.

Da beim Einrammen großer, starker Pfähle, so wie überhaupt solcher Pfähle, die später eine bedeutende Last tragen sollen, immer sehr große Rammen erfor-

derlich sind, und dabei nach dem im vorigen Paragraphen Angeführten immer viele Arbeiter angestellt werden müssen, die aber während einer großen Dauer der Arbeitszeit unbeschäftigt bleiben, weil die Arbeit des Rammens so sehr erschöpfend ist, außerdem aber auch viele kleinere Nebenarbeiten vorkommen, bei denen nur eine geringe Anzahl Arbeiter zu beschäftigen sind, während welcher Zeit alsdann die übrigen stillstehen, so hat man, um diese in pecuniärer Hinsicht jedenfalls sehr bedeutenden Nachtheile zu vermeiden, die sogenannten Kunstrammen eingeführt, bei welchen der Rammkloß bis zu einer gewissen Höhe mittelst einer Windevorrichtung aufgewunden wird und man ihn dann auf den einzutreibenden Pfahl herabfallen läßt. Eine solche Kunstramme gewährt den großen Vortheil, daß man nicht allein mit einer weit geringeren Anzahl Arbeiter ausreicht, sondern daß dieselben auch weit zweckmäßiger angestellt werden können. Ein anderer sehr wesentlicher Vorzug, den die Kunstramme, vor der Zugramme hat, besteht darin, daß der Rammkloß viel höher gehoben und dadurch der Effect der Ramme sehr wesentlich verstärkt werden kann. Richtig scheint zwar die Eigenschaft größerer Geschwindigkeit der Wirkung zu sein, welche die Zugramme vor der Kunstramme voraus hat, indem man in derselben Zeit mehr Pfähle mit der Zugramme einschlägt als mit der Kunstramme, da mit der Kunstramme höchstens 2 Schläge erfolgen, wo mit der Zugramme dagegen schon 25 bis 30 Schläge geschehen können. Allein so günstig dieses Verhältniß auch für die Zugramme ist, so wird es doch wieder durch die Kostbarkeit der Arbeit gänzlich aufgehoben; denn nach allen Vergleichungen, die darüber in der Ausführung angestellt wurden, hat sich ergeben, daß ein Pfahl, mit der Kunstramme eingeschlagen, selten die Hälfte, meistens nur ein Drittheil desjenigen Preises gekostet hat, welchen ein Pfahl mit der Zugramme einzuschlagen kostete. Ein anderer Umstand aber, der ebenfalls noch sehr in Betracht zu ziehen ist, ist der, daß bei mehreren Beobachtungen, wo der Pfahl unter dem Rammkloß der Zugramme während mehrerer Hitzen gar nicht tiefer eindrang, beim Gebrauch der Kunstramme ein einzelner Schlag des Rammklotzes von derselben Schwere und bei einer Fallhöhe von 20 Fuß, den Pfahl gleich um $\frac{1}{2}$ Zoll herabtrieb.

Der geheime Oberbaurath Hagen stellte über den Effect des Schlages bei verschiedenen Fallhöhen directe Beobachtungen an. Er ließ nämlich, nachdem ein Pfahl schon einigermaßen fest war, den Rammkloß in verschiedenen Höhen herabfallen und beobachtete das Eindringen des Pfahls. Dieses betrug der Reihenfolge nach:

1)	bei	10	Schlägen	von	3	Fuß	Höhe	1,7 Zoll,
2)	„	6	„	„	6	„	„	3,9 „
3)	„	4	„	„	9	„	„	5,9 „
4)	„	3	„	„	12	„	„	7,9 „
5)	„	10	„	„	3	„	„	1,7 „
6)	„	6	„	„	6	„	„	3,9 „
7)	„	4	„	„	9	„	„	6,0 „
8)	„	3	„	„	12	„	„	8,0 „

Aus der Uebereinstimmung der vier ersten Beobachtungen mit den vier

letzten ergiebt sich, daß der Widerstand während des Versuchs beinahe ganz unverändert blieb, und ferner, daß, wenn man hiernach die mittleren Werthe für die Effecte der einzelnen Schläge darstellt, diese sehr nahe dem Quadrate aus der Fallhöhe proportional waren. Bezeichnet nun s die Tiefe zu welcher der Pfahl eindringt und h die Fallhöhe des Klotzes, so werden die beobachteten Größen ziemlich genau durch die Formel

$$s = 0{,}0018 . h^2$$

dargestellt. Man findet hieraus

für $h = 3$,	$s = 0{,}162$,	also für	10	Schläge	1,62 Zoll,
„ $h = 6$,	$s = 0{,}648$,	„ „	6	„	3,89 „
„ $h = 9$,	$s = 1{,}458$,	„ „	4	„	5,83 „
„ $h = 12$,	$s = 2{,}592$,	„ „	3	„	7,78 „

Wenn auch in vielen Fällen eine Beschleunigung der Rammarbeiten erforderlich und man nur auf eine gewisse Anzahl von Rammen beschränkt ist, so kann es allerdings zuweilen zweckmäßig erscheinen, die Kunstramme zu vermeiden. Aber bei genauerer Erwägung ist es doch eben so vortheilhaft, sich auch dann der Kunstrammen zu bedienen, indem der Unterschied in der Zeitdauer der Arbeit, wie die Erfahrung lehrt, gar nicht so bedeutend ist, wie man gewöhnlich voraussetzt; man erreicht aber beim Gebrauch der Kunstramme auch noch den großen Vortheil, daß die Pfähle tiefer und sehr fest eingeschlagen werden, welcher Vortheil namentlich bei wichtigen Bauten wohl zu berücksichtigen ist. Uebrigens läßt sich aber beim Gebrauch der Kunstramme auch noch dadurch eine große Beschleunigung hervorbringen, daß man dieselbe erst dann anwendet, wenn der Pfahl schon mittelst einer Zugramme bis zu einer ziemlichen Festigkeit eingetrieben ist.

Was die Anordnung der Kunstrammen betrifft, so unterscheiden sie sich von den Zugrammen, wie auch schon oben angedeutet, nur dadurch, daß mittelst einer Windevorrichtung der Klotz gehoben wird, und wenn derselbe in einer gewissen Höhe ausgelöst und von da herabgestürzt ist, so muß der Haken oder die Zange, woran er früher hing, ihm folgen und ihn auf's Neue fassen, wo dann dasselbe wiederholt wird. Gewöhnlich geht die Bewegung von Menschen aus, die an der Kurbel einer horizontalliegenden Winde drehen, oder die eine Erdwinde in Betrieb setzen. Perronet ließ zum Betrieb der Ramme Pferdekräfte anwenden, indem er durch ein Pferd ein Tau von einer Trommel abwickeln ließ und dadurch die letztere drehte, in Folge dessen das Rammtau sich darauf aufwickelte und den Rammklotz hob. Bei der Brücke bei Saint Maixence wurde eine Wasserradswelle benutzt, um 2 Rammbären, jeder von beinahe 2000 Pfund, zu heben. Bei demselben Bau wurde auch ein Mühlrad zur Bewegung von zwei andern Rammbären benutzt. Auch hat man sich zur Hebung des Rammbärs eines Tretrades bedient. Der gewöhnlichste Fall ist jedoch immer, daß die Bewegung durch Menschen, die an einer Kurbel drehen, erfolgt und es soll davon hier auch nur die Rede sein.

Der wichtigste Theil der Kunstramme ist jedenfalls der Haken oder die Zange, welche den Rammklotz bis zu einer gewissen Höhe hebt und ihn dann fallen läßt. Es giebt zwar davon viele Muster, welche mehr oder weniger

complicirt und mehr oder weniger dem Zwecke entsprechend sind. Wir wollen uns indeß darauf beschränken, nur einige Beispiele anzuführen, und zwar diejenigen, die beim Gebrauch sich am zweckmäßigsten bewährt haben.

In Fig. 78 ist der Haken zu einer Kunstramme dargestellt, und zwar zeigt ihn die Figur von der Seite, dicht über dem Kloße schwebend, in dessen Bügel er bei fernerer Senkung von selbst eingreift. In Fig. 78 A ist die Ansicht desselben von oben dargestellt, wo a, a die Läuferruthen bezeichnen. Der Haken muß eine solche Form erhalten, daß er an der untern Seite eine schräge Fläche bildet, die sich beim Aufstoßen auf den Bügel des Klotzes zurücklegt und dadurch ein Eingreifen in denselben möglich wird. Oben ist dagegen der Haken concav ausgeschnitten und zwar nach einem Kreisbogen, dessen Mittelpunkt mit dem Drehpunkte des Hakens zusammenfällt, weil er sonst den Bügel nicht mit Sicherheit fassen würde. An dem Haken sind ferner zwei Arme angeschmiedet, von denen der kürzere ein Gegengewicht trägt, wodurch der Haken eingestellt wird; der längere Arm dagegen dient dazu, sobald der Kloß bis zu der bestimmten Höhe gehoben ist, den Haken auszulösen. Der letztere greift zugleich durch den Fallblock, welcher ausgeschlitzt ist, hindurch und sichert dadurch, indem er sich gegen die innere Stirn des Schlitzes lehnt, einmal dem Haken seine feste Stellung und ferner verhindert er auch, daß nicht etwa das Gegengewicht diesen zu weit umdreht, und somit das Einschieben des Hakens unmöglich würde. Dieser Haken ist mittelst einer eisernen Schiene, die genau mit der Linie zusammenfällt, die vom Schwerpunkt des Klotzes parallel zur Läuferruthe gezogen ist, an dem sogenannten Fallblock durch einen Schraubenbolzen befestigt. Oben ist die Schiene mit einer Oese und darin befindlichen Kausche versehen, woran das Rammtau angesteckt wird. Der Fallblock greift zwischen die beiden Läuferruthen hindurch und wird an der Rückseite durch ein starkes Brettstück, welches die Stelle der Riegel beim Rammkloß versieht, darin gehalten. Der abwärts gerichtete Arm des Fallblocks, der unten mit einem eisernen Ringe beschlagen ist, erhält eine solche Länge, daß wenn er auf dem Rammkloße aufsteht, der Haken ganz frei schwebt, ohne den Bügel oder die Oberfläche des Rammkloßes zu berühren. Wird nun der Fallblock heruntergelassen, so greift der Haken von selbst in den Bügel des Rammkloßes ein und hebt denselben beim Aufwinden mit sich auf, bis der längere rückwärts gerichtete Arm durch einen an den Läuferruthen befestigten eisernen Bügel niedergehalten wird, worauf sogleich der Rammkloß frei wird und herabstürzt. Zum Herabdrücken dieses Armes benutzt man auch häufig eine Leine, die an demselben befestigt wird und zu welchem Zwecke der Arm mit einer Oese versehen ist, die in Fig. 80 angedeutet. Das andere Ende der Leine wird an dem Rammgerüste befestigt und zwar so, daß der Fallblock bis zu einer bestimmten Höhe aufgewunden werden kann, ehe die Leine stramm wird und den Arm herabzieht; häufig geschieht es jedoch auch, daß die Leine mit der Hand angezogen und dadurch der Haken ausgelöst wird. In diesen beiden letztern Fällen tritt aber der Umstand ein, daß einmal die Leine sehr leicht in Unordnung geräth und dadurch Aufenthalt in der Arbeit entsteht, ferner aber, daß das Aushaken des Klotzes ganz und gar der Willkür der Arbeiter überlassen ist.

Statt des eben beschriebenen Hakens wendet man auch häufig die in Fig. 79 dargestellte Zange an. Der Fallblock besteht hier aus Gußeisen, die Arme der Zange, welche sich nicht kreuzen, sondern so geformt sind, daß sie bei ihrer Zusammensetzung erst eine Zange bilden, sind oben mit schweren Rollen versehen, so daß sie sich immer von selbst wieder schließen. Das Rammtau wird an einem Bügel befestigt, der, wie Fig. 79 A zeigt, um den Fallblock greift und durch denselben Bolzen, welcher die beiden Arme der Zange verbindet gehalten wird. In Fig. 79 B ist die obere Ansicht des Fallblocks dargestellt.

Die Figuren 84 A und B zeigen die ganze Aufstellung der Ramme in der Vorder- und Seitenansicht. Die Läuferruthen, welche bis unter das Schwellwerk fortgesetzt sind, erhalten beide an der innern Seite vorstehende eiserne Schienen, welche in die Nuthen des Fallblocks, so wie auch in diejenigen des Rammklotzes eingreifen. Diese Schienen treten am oberen Ende näher zusammen, und sobald die Rollen an den Armen der Zange hierher kommen, werden dieselben zusammengedrückt, wodurch sich die Zange öffnet und den Klotz losläßt, so daß derselbe herabstürzt. Die Windevorrichtung besteht hier aus Eisen und ist mit einem Schwungrade versehen. Das Getriebe ist zum Aus- und Einrücken eingerichtet und ferner ist an der Welle, worauf sich das Tau aufrollt, ein Sperrrad nebst Haken angebracht, damit der Klotz in jeder beliebigen Höhe gehalten werden kann. Außerdem ist aber an der erwähnten Welle noch eine Bremsvorrichtung angeordnet. In Fig. 85, Taf. 8, ist diese Windevorrichtung nach vergrößertem Maßstabe dargestellt.

In Fig. 80 sind der Haken und der eiserne Rammbär, die man beim Bau der Docks in Hull benutzt hatte, dargestellt. Der Haken selbst unterscheidet sich von dem in Fig. 78 dargestellten weiter nicht, sondern es verdient hier nur die Befestigungsart des Klotzes gegen die Läuferruthen einer besondern Erwähnung. Statt der sonst üblichen Arme sind durch den Rammklotz zwei Bolzen hindurchgezogen, die am hinteren Ende abgedreht sind und zugleich die Achsen für hölzerne Walzen bilden. Diese Walzen bewegen sich in dem Zwischenraume der beiden Läuferruthen. Hinter den Walzen sind Scheiben von sehr starkem Eisenblech, circa 11 Zoll im Durchmesser haltend, aufgezogen und mittelst Schraubenmuttern festgeschraubt. Diese Scheiben vertreten die Stelle der sonst üblichen Riegel. Die Läuferruthen sind vorn und hinten mit eisernen Schienen beschlagen, weil sonst dieselben durch die fortwährende Reibung des Klotzes und der Scheiben zu sehr leiden würden. An dem Fallblock befindet sich eine ganz ähnliche Walze.

Die in den Figuren 68, 68 A und B in der Seiten- und Hinteransicht, so wie im Grundriß dargestellte Ramme, dient zum Einrammen schräg gestellter Pfähle.

Das Schwellwerk wird hier durch die drei Querschwellen a und die Langschwellen b, die mit einander überschnitten und verbolzt sind, gebildet. Die Schwellen b erhalten an ihrem vorderen Ende halbrunde Ausschnitte, in welchen die Vorderschwelle c mit ihren abgerundeten Theilen, über welche eiserne Bügel gelegt werden, sich dreht. Diese Bügel sind mit den Langschwellen verbunden und verhindern ein Ausweichen der Schwelle c. Eben so liegt am

hintern Theile des Schwellwerks auf den beiden mittleren Langschwellen die drehbare Schwelle g, in welcher die beiden Hinterruthen h stehen. Die beiden Hinterruthen sind oben durch das Rahmstück l verbunden, außerdem sind aber noch die beiden Riegel m, m in die Hinterruthen eingezapft und alsdann mit denselben verbohrt. Oben sind zwei kleine Trempel k, k angeordnet, welche in den obern Riegel m und in das obere Rahmstück l mit Zapfen eingesetzt sind; zwischen diesen beiden Trempeln befindet sich die Rammscheibe. Zwischen den Trempeln und den Hinterruthen gehen die beiden Läuferruthen d hindurch. Ein starker eiserner Bolzen verbindet die Hinterruthen mit den Läufern und trägt zugleich auch die Scheibe. Um die Ramme verstellen zu können, je nach der Richtung der einzurammenden Pfähle, befinden sich in den Hinterruthen und in den Läufern mehrere Löcher, durch welche der Bolzen gesteckt und somit den Läufern eine verschiedene Lage gegeben werden kann. Da die Läuferruthen das Gewicht des Rammbärs zu tragen haben und somit beim Herunterfallen desselben starken Erschütterungen ausgesetzt sein würden, so sind, um diesen Nachtheil aufzuheben, in der Mitte noch die beiden Stützen n, n angebracht, die ebenfalls mit passenden Bolzenlöchern versehen sind, um beim Verstellen der Läufer dennoch immer durch das Umstecken der Bolzen eine Unterstützung zu erhalten. Die beiden Läuferruthen d sind in die Vorderschwelle c mit Zapfen eingesetzt und um ein Ausweichen derselben nach den Seiten hin zu verhindern, sind die beiden Seitenstreben f, f angebracht, welche in die Vorderschwelle c und in die Läuferruthen mit Zapfen und Versetzungen eingreifen.

Der Rammbär p wird auf den schrägliegenden Läufern in die Höhe gezogen und fällt auf denselben herab auf den einzutreibenden Pfahl. Um die bedeutende Reibung, welche zu überwinden wäre, wenn der Klotz auf den Läufern in die Höhe geschleift würde und welches auch gleichzeitig den Schlag des Rammbärs sehr bedeutend schwächen würde, zu verringern, sind an beiden Seiten des Bärs vier Rollen angebracht, auf welchen derselbe ruht, und die in den in den Läufern ausgearbeiteten Falzen laufen. Die Achsen dieser Rollen gehen durch den Bär und damit sie sich an ihren Enden nicht verbiegen können, sind außerhalb der Rollen noch Schienen auf die Achsen aufgesteckt und mittelst aufgeschrobener Schraubenmuttern befestigt, wodurch die Achsen gleichzeitig mit einander verbunden werden. Um ferner den Rammbär genau in seiner Richtung zu erhalten, und auch die Reibung der erwähnten Rollen an den Seitenflächen der Falze zu verhüten, sind unterhalb des Bärs ebenfalls noch vier Rollen auf vier durch den Bär gehende Bolzen befestigt; die Rollen werden so angebracht, daß sie an den Seitenflächen der Läufer laufen. Auch hier sind wieder je zwei Rollenachsen durch eiserne Schienen mit einander verbunden. Die Anordnung des Rammbärs ist aus den Figuren 70, 70 A und B hinreichend zu ersehen und bedarf keiner weitern Erläuterung.

Der Haken, welcher den Rammbär ergreift und denselben mit in die Höhe zieht, ist an einem kleinen eisernen Wagen r befestigt, welcher mit seinen vier Rädern in den Falzen der Läufer geht. Diese Vorrichtung ist in Fig. 69 nach vergrößertem Maßstabe dargestellt. An der vorderen (obern) Achse des Wagens sind zwei aufrechte Stangen angeschmiedet, die oben mit Oesen versehen sind.

Durch diese Oesen wird ein starker eiserner Bolzen gesteckt, welcher den Haken hält und den Bügel, woran das Rammtau befestigt wird. An der hinteren (untern) Achse des Wagens ist in deren Mitte eine Stange angeschmiedet, die an ihrem obern Ende einen kleinen offenen Bügel erhält, worin der Haken zu liegen kommt. Der Haken hat einen langen, gebogenen Schweif, der zwischen den Läuferruthen geht. Oben durch die Ruthen ist ein Bolzen gesteckt; sobald nun der Haken mit dem gebogenen Ende unter diesem Bolzen ankommt, wird der Haken in die Höhe gedrückt durch ferneres in die Höhe Ziehen des Wagens, der Haken löst sich aus dem Bügel des Rammbärs und dieser fällt alsdann, frei geworden, herunter. Die Anordnung des Hakens ist aus den Figuren 69 zu entnehmen. Das Uebrige erhellet vollkommen aus den beigefügten Zeichnungen und es bedarf daher keiner weitern Erklärungen derselben.

Um bei den Rammen ein für alle Mal den Aufsetzer (Knecht) zu ersparen, schlägt Engel (s. Crelle's Journal für die Baukunst, Bd. VI.) folgende Einrichtung derselben vor. Es wird nämlich ein leichter Rahmen angebracht, der sich zwischen zwei feststehenden Vorderruthen auf und abschieben läßt. Einen Theil eines solchen Rahmens zeigt Fig. 83 A in der Ansicht. Hierbei erhalten die beiden feststehenden Vorderruthen a, a, Fig. 81 oder Fig. 82, an den innern Seiten Nuthen; die äußern Seiten des Laufrahmens werden ausgefalzt und greifen dann in die erwähnten Nuthen ein. Der Laufrahmen, welcher beliebig gesenkt oder aufgezogen werden kann, wird durch zwei Bolzen, die durch die Vorderruthen reichen, an denselben befestigt. Ist die Ramme eine Scheerenramme, so daß der Rammkloß zwischen den Läuferruthen spielt, wie Fig. 82 zeigt, so geht das Rammtau durch das obere Querstück des Laufrahmens und wird zu dessen Behuf, wie in Fig. 83 B angedeutet ist, ein mehrere Zoll weites Loch ausgebohrt.

Was die Aufstellung der Rammen, sowohl der Zugrammen, als auch der Kunstrammen, betrifft, so ist hier noch zu erwähnen, daß sie zuweilen auch auf Fahrzeugen und namentlich auf breiten und glatten Prahmen aufgestellt werden, und von hier aus dann die Rammarbeiten ausgeführt werden. Dies ist hauptsächlich der Fall, wenn im Wasser eine Rüstung oder ein Fangedamm erbaut oder die Jochpfähle zu hölzernen Brücken oder zu Eisbrechern eingerammt werden sollen. Es lassen sich nun zwar starke Pfähle auf diese Art auch einrammen, allein die Arbeit ist wegen der Schwankungen, in welche das Schiff beim Rammen geräth, sehr unsicher. Es ist daher jedenfalls am zweckmäßigsten, von Schiffen aus nur die Rüstpfähle einzuschlagen und die eigentlichen Rammarbeiten erst später auf der vollständig hergestellten Rüstung vornehmen zu lassen. Werden aber dennoch von Fahrzeugen aus die Rammarbeiten ausgeführt, so muß man, um die nachtheiligen Schwankungen möglichst zu vermindern, die Ramme so stellen, daß die vordere Schwelle senkrecht gegen die Längenrichtung des Fahrzeuges gerichtet ist. In diesem Falle sind jedoch zwei Fahrzeuge erforderlich, auf denen die Ramme zu stehen kommt und es trifft die Läuferruthe alsdann in den freien Zwischenraum zwischen beiden Schiffen, wo auch die einzurammenden Pfähle sich befinden müssen. Kann man sich aber nicht zweier Schiffe bedienen, indem es die Anordnung der einzurammenden

Pfähle nicht erlaubt, so stellt man die Ramme mit der vorderen Schwelle auf die lange Seite des Fahrzeuges, legt einen Pfahl quer über das letztere und bringt unter das hintere Ende desselben einen beladenen Nachen, der nicht leicht gehoben werden kann. Dieser Pfahl wird mit beiden Längenborden des Fahrzeuges und mit dem Nachen fest verbunden. Die Schwankungen werden hierdurch um so mehr verhindert, in je weiterer Entfernung der Pfahl mit dem Nachen verbunden ist.

Fünftes Capitel.

Von den Spundwänden, der Darstellung der Baugrube und den Fangedämmen.

§. 45. Von den Spundwänden.

Die Spundpfähle werden, wie schon weiter oben angeführt ist, so nahe neben einander eingerammt, daß sie sich unmittelbar berühren und bilden sonach eine sehr dichte Wand, die Spundwand oder **Kernwand** genannt wird. Der Zweck einer solchen Spundwand besteht einmal darin, alle Wasseradern, die in geringer Tiefe im Boden unter der Sohle der Baugrube sich befinden, zu unterbrechen, und man erreicht dies mehr oder weniger durch die Compression des Bodens, welche durch das Einrammen der Spundpfähle hervorgebracht wird; ferner ist aber der Zweck der Spundwand auch der, das Erdreich unter dem Fundamente zusammenzuhalten und zu verhindern, daß selbiges vom Wasser fortgespühlt werde, woraus Höhlungen unter dem Fundamente entstehen würden, die für die Sicherheit des Bauwerks jedenfalls vom größten Nachtheil sein würden. Es kommt daher beim Einrammen der Spundpfähle nicht so sehr darauf an, daß sie bis zu einer sehr großen Tiefe eingeschlagen werden, und vielleicht so fest aufstehen, wie die Rostpfähle, sondern es ist nothwendiger, daß sie gehörig in einander greifen und keine weit geöffneten Fugen zwischen sich lassen, wodurch sonst der beabsichtigte Zweck weniger erreicht werden würde. Nur in dem Falle giebt man ihnen eine große Tiefe, wo die Gefahr eintritt, daß sich davor eine starke Auskolkung erzeugen möchte; in keinem Falle darf aber diese den Fuß der Spundwand erreichen, sondern dieselbe muß, wenn sie ihren Zweck erfüllen soll, noch immer die nöthige Haltung im Boden finden. Wo aber dennoch ein starkes Auskolken zu befürchten ist, da darf man nicht die Spundwand dem Angriff des Wassers und dem innern Drucke des Bodens blosstellen, sondern man muß sie dann auf der äußern Seite noch durch solide Anschüttungen sichern.

Es erfordert demnach das Einrammen der Spundpfähle sehr viel Aufmerksamkeit und es dürfen die Spundpfähle nicht aus der Ebene der Wand ausweichen, weil dabei sehr leicht die Federn und Backen der Nuthen an den

Spundpfählen abbrechen und dann große Fugen sich bilden würden. Um nun den beabsichtigten Zweck zu erreichen, muß der Grund, in welchen eine Spundwand eingeschlagen werden soll, vorher so tief als möglich mit dem Visitireisen oder dem Erdbohrer untersucht werden und die sich etwa vorfindenden Hindernisse, als Steine, Holz und dergleichen müssen zuvor herausgeschafft werden. Da es aber dennoch nicht immer möglich ist, den Grund so zu untersuchen, daß nicht Steine oder ähnliche Hindernisse unentdeckt blieben, so muß man, wenn beim Eintreiben der Pfähle solche Hindernisse entdeckt würden, den daraufstoßenden und vielleicht bis zu einer gewissen Tiefe schon eingetriebenen Spundpfahl wieder herausziehen und alsdann durch Graben oder Baggern, und allenfalls auch durch Anwendung von Zangen, wovon weiter unten die Rede ist, das Hinderniß zu entfernen suchen. Wenngleich auch dadurch die Arbeit sehr viel kostbarer wird, so ist dies dennoch erforderlich, weil sonst die gegründetste Aussicht vorhanden ist, eine undichte Spundwand zu erhalten, indem durch das im Boden steckende Hinderniß der Spundpfahl sich absetzen und somit eine andere Richtung annehmen würde. Dieses würde dann zur Folge haben, daß die Federn und Backen an den Spundpfählen abbrechen.

Die Spundpfähle können, so lange sie noch nicht tief im Grunde stecken, sehr leicht sich seitwärts neigen und dadurch eine andere Richtung als die beabsichtigte annehmen, weshalb sie gerade in dieser Zeit gegenseitig der stärksten Haltung durch die Federn und Nuthen bedürfen. Man schlägt daher die Spundpfähle nie einzeln zur ganzen Tiefe ein, sondern es werden auf einmal zwanzig bis dreißig Stück gesetzt und diese, unter häufiger Verstellung der Ramme, möglichst gleichförmig eingetrieben. Häufig wendet man auch zum Einschlagen der Spundpfähle Rammklötze von verschiedenem Gewichte an und zwar schlägt man zuerst mit dem leichteren Rammklotze die Pfähle so tief ein, daß sie einigermaßen feststehen, und nachdem werden sie ebenfalls unter mehrfacher Verstellung der Ramme mit dem schweren Rammklotze bis zur gehörigen Tiefe eingetrieben. Regemortes benutzte beim Bau der Brücke zu Moulins vier Rammen, von denen eine nach der andern jeden Pfahl der Spundwand eintrieb. Der Klotz der ersten Ramme wog 300 Pfund, der der zweiten Ramme 500 Pfund; die dritte hatte einen Klotz von 700 Pfund und die vierte endlich einen Klotz von 1500 Pfund. Durch dieses fortwährend abwechselnde Rammen mit verschiedenen Rammbären erzielt man ein gleichmäßigeres Eindringen und verhindert dadurch am sichersten, daß sich zwischen je zwei Spundpfählen eine zu starke Spannung bildet. Das Einrammen der Spundwände wird überhaupt schon durch manche Umstände sehr erschwert und es ist immer die Gefahr dabei, daß unter den Schlägen des Rammklotzes irgendwo eine Trennung der einzelnen Pfähle von einander erfolgt. Um einem solchen Uebelstande nun vorzubeugen giebt es kein besseres Mittel, als Alles zu vermeiden, was irgend eine Klemmung verursachen könnte; es ist daher nothwendig, daß die Nuthe überall eine gleiche und zwar eine solche Weite erhalte, daß zwischen der Feder und der Nuthe noch immer etwas Spielraum vorhanden ist. Ferner ist es erforderlich, daß jede Feder gleich anfangs beinahe in ihrer ganzen Länge in die zugehörige Nuthe eingebracht wird und auch darin bleibt. Sehr fehlerhaft würde

es jedoch sein, wenn man die Spundwand auf mehreren Stellen unterbrechen und hier später keilförmig verjüngte Pfähle einrammen wollte, um dadurch einen recht festen Schluß zu erhalten. Man erreicht dadurch den beabsichtigten Schluß keineswegs, denn einmal ist die untere Weite gar nicht zu messen, sondern man muß diese nach Gutdünken annehmen, ferner aber läßt sich, wenn der keilförmig verjüngte Pfahl eine zu große Breite erhält, die bereits eingerammte Spundwand nicht mehr seitwärts drängen; wenn dies dennoch geschieht, so findet es nur Statt, daß die nächsten Spundpfähle nach außen oder nach innen ausweichen. Dies hat aber wieder den großen Nachtheil, daß alsdann die Federn und Backen der Nuthen brechen. Ueberhaupt tritt auch bei diesem Verfahren der Uebelstand ein, daß die beiden Theile der Spundwand von einander unabhängig eingerammt sind und man daher gar nicht voraussetzen darf, daß die beiden Endpfähle parallel zu einander stehen; es kann daher leicht der Fall vorkommen, daß der eine Pfahl mehrere Zoll mit seinem Fuße aus der Ebene der Wand vortritt, während der andere dahinter zurückbleibt. In diesem Falle ist es ganz unvermeidlich, daß beim Einschlagen des letzten Pfahles die Federn oder Backen ausbrechen.

Um nun eine Spundwand in der gehörigen geraden Richtung und zugleich dicht und fest in einander einzurammen, benutzt man sogenannte Zwingen oder Lehren, welche entweder dicht über dem Boden oder dem Wasserspiegel angebracht werden. Diese Zwingen bestehen aus zwei neben einander liegenden Balken, die entweder unmittelbar auf eingeschlagenen Pfählen aufgezapft oder auf irgend eine andere Art befestigt sind; dieselben haben zwischen sich einen Zwischenraum, der mit der Stärke der Spundwand beinahe überein kommt und auf jeder Seite circa ¼ Zoll Spielraum läßt. An den Enden werden diese Zwingen durch kurze Riegel mit einander verbunden. Hierauf werden die Spundpfähle, unter Berücksichtigung des oben Angeführten, zwischen diese Zwingen eingestellt und dann abwechselnd unter Verstellen der Ramme eingerammt. Die Anordnung solcher Zwingen ist in den Figuren 38 und 38 A, Taf. 3, näher dargestellt. Die Unterstützung dieser Zwingen ist, namentlich wenn man starkes Balkenholz dazu verwendet, nur alle 10 bis 12 Fuß erforderlich.

Außerdem wendet man aber auch noch die losen Zwingen an und zwar zu gleicher Zeit mit den festen. Die losen Zwingen sind im Wesentlichen den festen gleich und unterscheiden sich von denselben nur hauptsächlich dadurch, einmal daß sie eine geringere Holzstärke erhalten, indem man häufig dazu nur starke Bohlen verwendet und ferner, daß sie nicht gegen andere Pfähle, sondern allein gegen die Spundwand befestigt werden. Mit dem einen Ende wird die Zwinge mittelst eines Schraubenbolzens gegen einen solchen Spundpfahl befestigt, der gerade nicht eingerammt wird. Am andern Ende dagegen, wo die Zwinge durch einen Riegel geschlossen und durch einen Schraubenbolzen zusammengehalten wird, wird ein passend geformter Holzkeil eingeschlagen, der sich gegen den Riegel der Zwinge und gegen den letzten Spundpfahl lehnt. Damit aber dieser Keil immer in der gehörigen Spannung bleibt, ist es am besten, den zuletzt gesetzten Spundpfahl noch gar nicht einzurammen, sondern ihn erst zugleich mit den folgenden Pfählen herabzutreiben. Die zur Anbrin-

gung der Zwingen erforderlichen Bolzenlöcher müssen nach dem jedesmaligen Abnehmen der Zwinge sogleich mit hölzernen Nägeln geschlossen und diese von beiden Seiten abgehauen werden, damit sie nicht vorstehen. Die Anordnung solcher losen Zwingen zeigt Fig. 39, Taf. 3.

Sind die Spundpfähle schon zu einer großen Tiefe eingedrungen, so daß sie bereits sehr fest im Boden stecken, so kann man alle Zwingen entbehren, indem die Pfähle dann nicht leicht mehr aus ihrer Stellung weichen; es ist aber dennoch immer nothwendig, sie nicht zu lange einzeln einzuschlagen, sondern man muß noch häufig die Ramme darüber verstellen, so daß die Pfähle möglichst gleichmäßig eingetrieben werden.

Will man die Spundwand mit einem Fachbaum (Holm) versehen, so werden sämmtliche Pfähle wagerecht abgeschnitten und mit einem durchlaufenden Zapfen versehen. Der Fachbaum erhält eine Rinne von der Tiefe und Breite, welche der Höhe und der Dicke des durchlaufenden Zapfens gleich sind. Einzelne der Spundpfähle erhalten auch Zapfen, deren Länge gleich der Höhe des Fachbaums ist, und diese Zapfen greifen dann durch denselben hindurch und werden von oben verkeilt. Alle 6 bis 8 Fuß wird über den Fachbaum ein an beiden Seiten circa 18 bis 24 Zoll heruntergehender eiserner Bügel angeordnet, der mit dem bezüglichen Spundpfahl mittelst eines durchgehenden Schraubenbolzens verbunden wird. Ist die Spundwand aber nicht sehr stark, so muß man noch innerhalb der Spundwand Spitzpfähle einrammen lassen, die den Fachbaum mit einem Blattzapfen umfassen und somit denselben sicher halten.

Manchmal rammt man die Rostpfähle der vorderen Pfahlreihe früher als die Spundwand ein, und benutzt die darübergelegte Rostschwelle sonach gleich als die eine Hälfte der Zwinge, wo man dann nur noch auf der andern Seite der einzurammenden Spundwand für eine ähnliche zu sorgen hat. Gewöhnlich wird aber zuerst mit dem Einrammen der Spundwand angefangen, wenn Rostpfähle oder andere Pfähle daneben eingerammt werden sollen, weil der Boden sonst gar zu sehr comprimirt wird und das Einrammen der Spundwand dann mit mehr Schwierigkeiten verbunden ist.

Man ändert auch die Spundwand in der Art ab, daß man Nuthpfähle in Abständen von 3 bis 5 Fuß von einander einrammt, und in die Nuthen zwischen je zwei Pfählen horizontale, ebenfalls mit einer Spundung versehene Bohlen einschiebt, wie dies in den Figuren 34, 34 A und B dargestellt ist. Es versteht sich aber von selbst, daß eine solche Wand, nur so weit hinabgetrieben werden kann, als der Boden horizontal ausgegraben oder ausgebaggert ist, und somit der eigentliche Zweck einer Spundwand hierbei ganz verloren geht. Aber dennoch kann eine solche Wand manchmal eine sehr nützliche Anwendung bei Fangedämmen finden, wo dann der große Vortheil erreicht wird, daß die Rammarbeiten bedeutend weniger Ausdehnung erhalten. Doch ist hierbei erforderlich, daß die Nuthpfähle sehr regelmäßig eingeschlagen werden. Man hat auch die Spundwand in der Art hergestellt, wie in Fig. 33 gezeigt ist; hier werden nämlich die Nuthpfähle in Abständen von circa 6 bis 7 Zoll von einander eingerammt und in die Nuthen zwischen je zwei Pfählen verticale Bohlen, von der Stärke der Nuthen, eingetrieben. Daß aber bei dieser Art

Spundung ebenfalls der Zweck einer Spundwand sehr leicht verloren gehen kann, ist einzusehen; indem es gar zu schwierig ist, die Pfähle immer vollständig vertical, und daß sie nicht aus der Ebene der Spundwand hervortreten, einzurammen.

Eine andere Art der Spundwände sind die sogenannten Stülpwände. Diese Stülpwände bestehen aus zwei Reihen eingerammter Bretter oder Bohlen von circa 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll Stärke. Diese Wände werden auf folgende Weise hergestellt. Es werden zuerst in der äußern Fläche der herzustellenden Wand Brettstücken von der passenden Länge in Abständen von 4 bis 6 Zoll mit der Handramme eingestoßen; diese Brettstücken erhalten unten eine scharfe Schneide, die in die Mittellinie des Brettes fällt. Um diese Reihe Bretter regelmäßig einstoßen zu können, wird vorher eine Zwinge von leichtem Bauholze oder von Halbholz hergerichtet, wodurch die einzutreibenden Bretter in der erforderlichen Stellung erhalten werden. Hierauf wird eine zweite Reihe Brettstücken hinter der ersten und zwar so eingestoßen, daß diese die offenen Zwischenräume der erstern Reihe vollständig deckt. Hierbei werden die Bretter aber nicht wie bei der ersten Reihe zugeschärft, sondern die Schneiden fallen in diejenigen Flächen, womit sie die äußern Bretter berühren. Auch beim Einstoßen dieser zweiten Reihe bedient man sich der Zwingen. Diese Stülpwände zeichnen sich durch Wohlfeilheit und Leichtigkeit in der Ausführung ganz besonders aus. Wenngleich sie nun auch nicht so viel Sicherheit gewähren, als die oben beschriebenen Spundwände, so sind sie doch diesen bei nicht zu hohen Fangedämmen in der Anwendung vorzuziehen, indem sie die Rammarbeiten gar sehr erleichtern. Fig. 37 zeigt eine solche Stülpwand im Grundriß.

Bei Spundpfahlwänden macht man auch, um nicht zu viel Holz zu verlieren, die Anordnung der Art, daß man jeden einzelnen Pfahl auf zwei Seiten ausnuthet und in eine dieser Nuthen eine Feder einsetzt, so daß dann jeder Pfahl eine Nuthe und eine eingesetzte Feder erhält, ähnlich wie in Fig. 33, nur daß hier die Pfähle dicht neben einander eingerammt werden, wie bei den gewöhnlichen Spundwänden.

Endlich müssen wir noch hier eine Darstellung der gußeisernen Spundpfähle beifügen. Diese sind in neuerer Zeit mehrfach in England zur Anwendung gekommen. Schon im Jahre 1825 wendete der Ingenieur Jesse Hartley dergleichen gußeiserne Spundpfähle beim George Dock Basin in Liverpool an. Er ließ nämlich, nachdem die Rostpfähle auf circa 30 Fuß Länge eingerammt waren, einen viereckigen Rahmen von dieser Länge zwischen die Pfähle legen und zwar so, daß derselbe sie von außen umgab; um ein Einbiegen desselben zu verhindern, ließ er zwei Riegel anbringen, wodurch die beiden langen Seiten zugleich gegen einander abgesteift wurden. Hierauf wurden die Spundpfähle, welche eine Länge von 10 Fuß hatten, von außen gegen den Rahmen gesetzt und eingerammt. Fig. 86, Taf. 8, zeigt im Grundriß, wie diese Spundpfähle in einander greifen; in Fig. 86 A und Fig. 86 B, welche dieselben im Durchschnitt und in der Ansicht zeigen, sind die hierbei angebrachten Verstärkungen oder Rippen zu sehen. Die Breite m n war am Fangedamm in der innern Reihe dieser Pfähle 1,4 engl. Fuß; die Breite o p = 8 Zoll; die Stärke der

x = 2 Zoll und bei y sammt der Rippe gleich $3\frac{1}{2}$ Zoll. Die daselbst ersichtlichen Oeffnungen dienten zur Aufnahme von Bolzen, um die Spundpfähle an ein dahinter gelegtes Querholz des Fangedammes befestigen zu können.

In ähnlicher Art wandte auch Milne gußeiserne Spundwände an. Fig. 87 zeigt die Form und Stellung derselben im Grundriß; Fig. 87 A stellt die Ansicht derselben dar, und zwar in der Art, daß man von den drei mittleren Bohlen das obere Ende und von den beiden Seitenbohlen das untere Ende sieht; Fig. 87 B zeigt den Durchschnitt des Hauptspundpfahls.

Die Länge der gußeisernen Spundpfähle beträgt gewöhnlich 10 bis 15 Fuß; genügt aber eine solche Länge nicht und ist man genöthigt zwei Längen auf einander zu setzen, so geschieht dies durch eine eiserne Klammer, die mittelst eingeschlagener Keile zu einem sehr festen Schlusse gebracht wird. Dabei greifen aber außerdem beide Theile mit einer Spundung in einander, wie dies in Fig. 88 in der Ansicht und im Durchschnitt näher angedeutet ist.

Eine sehr ausgedehnte Anwendung gußeiserner Spundwände fand beim Bau des Hafendammes zu Deptfort Statt. Eine nähere Beschreibung dieser Arbeiten, welche aus Försters Bauzeitung entlehnt ist, soll hier folgen. Es heißt daselbst:

Dieser Hafendamm wurde im Jahre 1837 begonnen und es erhielt derselbe eine Länge von 800 Fuß. Er liegt am östlichen Ende der königlichen Docks.

Das Bauwerk besteht aus den Hauptpiloten a, Fig. 89, Fig. 89 A, B, welche unter einander 6 Fuß Entfernung halten und zwischen denen, bis zur Höhe desjenigen Terrains, welches zur Zeit der Ebbe trocken liegt, eiserne Spundbohlen b eingeschlagen sind. Ueber denselben sind die Felder zwischen den Pfählen durch drei gleich große viereckige Platten ausgefüllt, welche, wie die Spundbohlen in die Nuthen α Fig. 89 C in den Flanschen der Hauptpfähle eingeschoben sind. Der untere Rand der auf den Spundbohlen aufliegenden Platte hat eine Verstärkung (Fig. 89), welche über die Oberkanten der Spundbohlen greift und die Fuge verdeckt. Um die Hauptpiloten gegen den Druck der dahinter liegenden Füllerde zu schützen, und in ihrer Stellung zu erhalten, sind sie mit drei Zugankern oder Landschließen d Fig. 89 und Fig. 89 A an die in festem Erdreiche stehenden Ankerpfähle e, e angehängt.

Fig. 89 zeigt den verticalen Durchschnitt der ganzen Anlage und zugleich die Art und Weise, wie die Hauptpfähle durch die $1\frac{3}{4}$ Zoll starken Zuganker mit den Ankerpfählen verbunden sind. Dasselbe zeigt auch der wagerechte Durchschnitt Fig 89 A, wo man auch die Verbindung der Spundbohlen mit den Uferschwellen f, f bemerkt, welche für jede einzelne Bohle durch zwei $\frac{3}{4}$zöllige eiserne Schraubenbolzen, deren Köpfe, wie man aus der Ansicht Fig. 89 B sieht, versenkt sind, bewerkstelligt wird. Die Uferschwellen sind in die Grundpfähle g zum Theil eingelassen und die obern mit zweizölligen, die untern mit einzölligen Bolzen verschraubt. Alle Hölzer haben mindestens 13 Zoll im Quadrat und sind vom besten Memeler Holze. Hinter der ganzen Wand ist ein Wall von Béton und obenauf liegen Kopfstücke vom besten Granit aus Cornwallis. Wie der Grundriß Fig. 89 A zeigt, hat jeder Hauptpfahl einen Ankerpfahl und einen Grundpfahl hinter sich.

Um die Arbeit zu erleichtern und die Gefahr des Zerbrechens beim Eintreiben der Pfähle zu beseitigen, wurden dieselben in zwei Theilen gegossen und auf der Mitte zusammengesetzt, wie Fig. 89 C zeigt. Zu diesem Zwecke waren die Flanschen h mit angegossen, durch welche drei 1¼zöllige Schraubenbolzen gezogen wurden. Eben so sieht man auch in der Figur die Nuthen für die Spundbohlen und Deckplatten. Der untere Theil des Pfahls, der jedoch nicht spitz gegossen, sondern unten offen und mit einem hölzernen, mit einem geschmiedeten Schuh versehenen Fuße, wie Fig. 89 D zeigt, welcher in die Höhlung des Pfahls eingeschoben war, geschlossen wurde, wurde bis auf 25 Fuß unter das gegenwärtige Niveau, oder 18 Fuß unter den tiefsten Wasserstand eingetrieben und alsdann erst der obere Theil aufgeschraubt.

Der dunkler schraffirte Theil der Hauptpfähle in Fig. 89 ist der Durchschnitt der Spundbohlen und der Deckplatten, wobei man zugleich den übergreifenden Falz der letzteren sieht, welcher die Fugen deckt, wie aus Fig. 89 B hervorgeht. Die mittlere Platte ist mit der obern und der untern allemal durch vier ¾zöllige Schraubenbolzen verbunden, welche durch eigends zu diesem Zwecke hinten angegossene Flanschen oder Lappen gezogen sind. Alle Fugen des Eisenwerks sind mit dem besten Eisenkitte versichert.

Hinter der Wand wurde der Grund ausgehoben und mit der oben erwähnten Bétonlage wieder gefüllt, welche auch Fig. 89 und Fig. 89 A zeigen. Der Béton wurde aus hydraulischem Kalke, Sand und Kieseln bereitet. Was die Granitkrönung betrifft, so sieht man dieselbe in Fig. 89 E in der obern Ansicht, wo man auch bemerken wird, daß immer zwischen je zwei Quadern ein Döbbel, 4 Zoll im Quadrat und 9 Zoll lang, eingelassen ist, welcher jede Verschiebung unmöglich macht.

Während des Eintreibens wurde die größte Vorsicht beobachtet, um das Zerbrechen der Piloten zu verhüten; nichts desto weniger trat bei einigen dieser Fall dennoch ein. Diejenigen, welche nahe am oberen Ende brachen, wurden dennoch brauchbar gemacht, indem man sie bis auf die gehörige Tiefe eintrieb und sie mit eigends dazu gegossenen Stücken bis zur gehörigen Länge aufpfropfte; die tiefer abgebrochenen aber mußten wieder ausgezogen werden, eine Arbeit, welche sehr mühsam und zeitraubend war, da die Pfähle in dem harten Boden sehr fest standen. Einer dieser Pfähle brach, als er acht Fuß eingetrieben war und es bedurfte der angestrengten Arbeit von acht Mann während sechs Fluthzeiten (jede etwa von 6 Stunden) und des Anbringens von vielen Tauen und Kloben, bis man im Stande war, den Pfahl mittelst Leichterschiffen durch die Wirkung der Fluth wieder ausreißen zu lassen.

Zum Eintreiben der Pfähle bediente man sich einer gewöhnlichen Ramme, deren Bär etwa 16 Centner wog. Für die Fallhöhe hatte man, als Resultat aus vielen Versuchen, vier Fuß angenommen, da hierbei die Pfähle am wenigsten litten. Hauptsächlich mußte man darauf Rücksicht nehmen, daß der Bär genau in der Richtung auf den Pfahl fiel, in welcher letzterer das Erdreich durchdringen sollte. Damit die Pfähle durch den Rammbär nicht beschädigt würden, setzte man massive gußeiserne Docken auf die Köpfe derselben, und legte, um den widrigen Schall, den die Schläge hervorbrachten, zu vermeiden,

eine Platte guten Ulmenholzes von $^5/_8$ Zoll Dicke auf jene Decken. Unter allen versuchten Substanzen zeigte sich das Ulmenholz als das vortheilhafteste.

Das Eintreiben der Pfähle war eine höchst zeitraubende Arbeit, da mehrere derselben 108 bis 126 Stunden gerammt werden mußten, ehe sie die richtige Tiefe erlangten. Anfänglich drangen die Pfähle auf jeden Schlag $^1/_4$ Zoll ein, sobald sie aber über 8 Fuß tief kamen, bedurfte es oft 25 bis 30 Schläge, um sie $^1/_4$ Zoll tief einzutreiben. Einen der Pfähle brachte man durch die angestrengteste Arbeit von 6 Stunden nur um 3 Zoll tiefer. Die Spundbohlen wurden, da sie schärfer waren, in verhältnißmäßig viel kürzerer Zeit eingetrieben, und es rückten dieselben durchschnittlich auf jeden Schlag $^1/_4$ Zoll.

Das Gewicht eines Hauptpfahls von 26 Fuß Länge betrug durchschnittlich 29 Centner. Die Spundbohlen waren 17 Fuß lang, 15 Zoll breit und $1^1/_4$ Zoll dick, und wogen durchschnittlich 15 Centner das Stück. Die eisernen Deckplatten, welche 6 Fuß 3 Zoll breit und 4 Fuß 2 Zoll hoch waren, wogen etwa 12 Centner das Stück.

§. 46. Von der Darstellung der Baugrube.

Soll ein Bauwerk am oder im Wasser aufgeführt werden, so hat man zunächst die Lage und die Ausdehnung der Fundamente desselben zu bestimmen; ferner aber hat man sich auch für eine gewisse Fundirungsart zu entscheiden, was jedoch erst dann geschehen kann, nachdem man den Boden, worauf das Gebäude aufgeführt werden soll, genau untersucht hat. Nachdem diese Vorbestimmungen gemacht sind, ergiebt sich daraus die erforderliche Größe der Baugrube, so wie auch die Tiefe, in welcher diese ausgehoben werden muß. Das Aufgraben wird jedoch nicht weiter ausgedehnt, als bis zur untern Grundfläche des Fundaments und nur in dem Falle wird die Baugrube tiefer ausgegraben, wenn ein Pfahlrost angewendet wird, aber dann auch nur so viel tiefer, um die Pfähle mit Zapfen versehen und die Rostschwellen aufbringen zu können. Die Länge so wie die Breite der Baugrube muß jedesmal größer werden, als die des Fundamentes selbst und namentlich ist dies der Fall, wenn bei der Herstellung des Fundamentes bedeutende Rammarbeiten erforderlich sind. Die Baugrube muß übrigens, so weit der Bau selbst unter dem Wasserspiegel kommen soll, nicht überflüssig groß ausgegraben werden, weil dadurch nicht nur diese Arbeit selbst, sondern auch hauptsächlich die des Wasserausschöpfens während des Baues sehr vermehrt wird. Bei größern Fundirungen muß man nun mindestens einen Raum von 6 Fuß rings um das herzustellende Fundament frei lassen; Perronet dehnte die Baustellen bei den von ihm ausgeführten Bauten weit mehr aus. Allein es ist nicht zu verkennen, daß dadurch der Wasserandrang von unten her sehr bedeutend vergrößert wird, und man daher oft gezwungen ist, um einen zu starken Wasserandrang zu verhindern, die Baugrube wieder in mehrere Theile zu zerlegen und jeden einzelnen Theil dann mit einem Fangedamme zu umschließen. Ein solcher einzelner Theil läßt sich dann mit sämmtlichen Schöpfmaschinen besser trocken halten und somit das Fundament in demselben herstellen; allein es entsteht dann dabei der sehr große

Nachtheil, daß das Fundament nicht in einem vollständigen Verbande dargestellt werden kann, was bei großen wichtigen Bauwerken immer bedenklich ist, zumal wenn von denselben eine vollständige Wasserdichtigkeit verlangt wird. Es kann aber die Theilung der Baugrube zuweilen auch dadurch bedingt sein, daß man den Bau in seiner ganzen Ausdehnung nicht auf einmal in Betrieb setzen kann, ohne die Communication zu stören oder den Wasserlauf in seiner ganzen Breite zu hemmen. In solchem Falle muß man schon nothwendiger Weise den Bau stückweise aufführen.

Bei Ausgrabung der Baugrube dürfen die Seiten derselben nur in dem Falle sich senkrecht erheben, wenn der Boden aus Felsen besteht; besteht dagegen der Boden aus irgend einer Erdart, so müssen nach Beschaffenheit derselben die Seiten eine solche Neigung erhalten, in welcher sich die Erdart noch sicher trägt. Die Bestimmung dieser Neigung ist aber insofern oft schwierig, als manche Erdarten scheinbar eine größere Festigkeit zeigen, als sie wirklich haben, was namentlich bei manchen Thonarten der Fall ist, die beim ersten Abstechen sich beinahe senkrecht und oft sogar noch überhängend erhalten, die jedoch, wenn sie längere Zeit dem Einflusse der Witterung und der Luft ausgesetzt gewesen sind, so stark abfallen, daß sie zuletzt eben so flach geböscht sind, als trockner Sand. Dies ist daher wohl zu berücksichtigen und man muß sich in solchen Fällen sehr in Acht nehmen. Nach Perronet kann man übrigens diesem vorbeugen, indem man die abgestochene Fläche mit einer dünnen, etwas geneigten Einfassungsmauer umgiebt, zu welcher man statt des Mörtels sich des Thones bedienen kann, zumal da es hier weniger auf eine dauernde Festigkeit der Mauer ankommt, sondern dieselbe nur dazu dienen soll, den Einfluß der Luft von der abgestochenen Seitenfläche abzuhalten. Die rückwärts geneigte Lage der Mauer verhindert schon, daß die Mauer sich in ihrer Stellung erhält und nicht einzelne Steinschichten herausfallen.

Perronet giebt aber ferner in Betracht der Dossirungen, welche verschiedene Erdarten annehmen, sehr interessante Bemerkungen; wenn man gewachsenen Boden ausgräbt, so nehmen die Ufer der Grube von selbst eine Böschung an, die verschieden ist, je nachdem die Festigkeit der Erde und der Zusammenhang der Theile anders ist. Man hat sehr feste Erdarten, zum Beispiel den Töpferthon, welcher 30 Fuß und darüber kürzere Zeit hindurch lothrecht stehen bleibt. Die Dammerde und einige Sandarten, die eine starke Beimischung von Thon enthalten, stehen auch noch ziemlich lothrecht; dagegen nehmen leichte Erde und der loseste feine und trockene Sand sogleich eine Neigung an, die nur unter 30 Graden gegen den Horizont aufsteigt.

Früher einmal umgegrabene Erde hat einen geringern Zusammenhang als gewachsener Boden und vor kurzer Zeit umgegrabene Erde noch weniger. Wird Erde frei auf Haufen geworfen, so nimmt sie verschiedene Böschungen an, die mit der ursprünglichen Festigkeit derselben in einigem Zusammenhange zu stehen scheinen. Die festeste Erde z. B. fällt nach Perronet's Versuchen unter einem Winkel von 30 bis 35 Graden, und nicht von 45 Graden, wie Manche glauben. Die leichteste Erde und der Sand, so wie gewachsener Boden vom geringsten Zusammenhange, der ausgegraben und frei hingeworfen ist, bilden eine Böschung

von ungefähr 30 Graden, die übrigen Erdarten nach Verhältniß. Der größte Unterschied in den Böschungswinkeln für fortgeschaffte Erde und Sand ist nur 6 Grad, wobei jedoch feuchter Thon ausgenommen ist, der unter einem kleinern Winkel fällt, der zuweilen nur 18 Grad und wohl noch weniger enthält. Eine Ausnahme macht allein der grobe Kies oder Steinschutt, der noch unter einem Winkel von 45 Graden aufgeschüttet werden kann.

Hiernach sollte man, wenn man sicher gehen will, und wo die Baugrube lange geöffnet bleiben muß, den Wänden immer nur eine Neigung von 30 bis höchstens 36 Graden geben, zumal die aufgeschüttete Erde durch längere Berührung mit der Luft die Eigenschaft verliert, wodurch sie sich anfangs so steil erhalten konnte. Gewöhnlich aber begnügt man sich damit, den Wänden eine Neigung von 45 Graden zu geben, und oft macht man sogar diesen Winkel noch größer. Aber nicht immer gestatten es die localen Umstände, daß man bei Darstellung der Baugrube die Seiten so abböschen kann, wie oben angegeben ist, sondern häufig muß man die Baugrube beinahe senkrecht und dennoch zu einer nicht unbeträchtlichen Tiefe senken. In solchen Fällen kann man den Einsturz der Seitenwände nur durch Verschalungen und Absteifungen verhindern, die so lange bleiben, bis die Erde von den Wänden und Mauern des Bauwerks selbst ihre Unterstützung erhält. Zuweilen kommt es aber auch vor, daß es gar nicht möglich ist, die Baugrube in einer gewissen Tiefe darzustellen und dieselbe zugleich vom Wasser frei zu halten, indem dieses beim starken Zudrange immer die Erde mit sich reißt und die Baugrube von neuem füllt. In diesem Falle ist es am rathsamsten, von der Trockenlegung der Baugrube ganz abzustehen und eine solche Fundirungsart zu wählen, die dieses zulässig macht.

Hat man hinreichenden Raum und gestatten es sonst die Umstände, so läßt man die Seitenwände der Baugrube nicht in einer Fläche bis zur Sohle hinabreichen, sondern man bringt in verticalen Abständen von circa 7 bis 8 Fuß unter einander noch Bankette an, die eine Breite von 4 bis 6 Fuß erhalten. Hierdurch wird die Neigung der Wände noch bedeutend verflächt und man erreicht dadurch den großen Vortheil, daß falls einzelne Theile in den Wänden nachgeben und herabfallen sollten, diese nicht mehr bis auf die Sohle des Grundes stürzen, sondern schon auf dem nächsten Bankett liegen bleiben. Eine solche Darstellung der Baugrube ist, wenngleich auch dadurch nicht unbedeutende Mehrkosten entstehen, in dem Falle sehr vortheilhaft, wenn die Baugrube längere Zeit hindurch geöffnet bleiben muß. Von dem Transport der ausgegrabenen Erde, so wie überhaupt vom Erdetransport soll weiter unten noch besonders die Rede sein.

Zur Darstellung der Baugrube gehört auch ferner noch, wenn dieselbe im Wasser beschafft werden soll, die Aufräumung von Schlamm, Steinen, Holz, Pfählen oder dergleichen Gegenständen, die bei der Ausführung der Fangedämme nur hindern und den beabsichtigten Erfolg nicht sichern.

Befindet sich die Sohle der Baugrube nur 1, höchstens 3 Fuß unter Wasser, so kann man, um den Schlamm und den Sand wegzuräumen, sich einer Schaufel bedienen, deren Seitenränder circa 1 Zoll nach oben gekrämpt sind. Diese Schaufeln sind nur im losen Erdreich zu gebrauchen; zum Ausgraben

von Thon oder Lehm muß man jedoch die gewöhnliche Grabschaufel anwenden, indem diese mehr Festigkeit hat, als erstere. Liegt aber die Sohle tiefer, so finden diese Schaufeln keine Anwendung mehr, sondern man bedient sich dann der sogenannten Baggerschaufeln. Eine solche Baggerschaufel besteht aus einem Kasten von starkem Eisenblech, von 16 bis 18 Zoll Länge, circa 10 Zoll Breite und einer Höhe von 4 Zoll. Derselbe wird mit einem geraden etwas biegsamen Stiel versehen, dessen Länge sich nach dem Bedürfniß richtet. Der Kasten ist an der vordern Seite offen, nicht selten aber auch mit einem Deckel versehen, der ihn bis circa zur Hälfte schließt. Der Stiel ist gegen den Kasten gewöhnlich unter einem Winkel von 80 bis 85 Graden geneigt. Mit der vorderen offenen Seite wird der Kasten durch den Sand oder Schlamm gezogen, indem der Arbeiter den Stiel gegen die Schulter legt, mit den Händen aber stark andrückt, und eine rückwärtsgehende Bewegung machend die Schaufel nachzieht. Hierauf wird die Schaufel oder der Kasten herausgezogen, indem der Stiel in senkrechter Richtung gehoben wird. Der auf diese Weise herausgeförderte Grund wird in Schiffe ausgeworfen und so ans Land gebracht. Hat man schon stehende Gerüste, die mit den Ufern in Verbindung stehen, so wird der herausgeförderte Grund auf diese ausgeworfen und mit Schubkarren dann ans Ufer gebracht.

Diese Schlammräumer oder Baggerschaufeln lassen sich jedoch nur in einer Wassertiefe von höchstens 10 Fuß mit Vortheil anwenden, vorausgesetzt, daß das Wasser stillstehend ist; ist aber in dem Wasser noch eine Strömung, so kann man dieselben nur bis zu einer Tiefe von höchstens 7 bis 8 Fuß gebrauchen und auch dann ist die Herausschaffung nur sehr mangelhaft. Ist der Grund steinig oder mit Wurzeln oder Holzwerk untermengt, so daß der Schlammräumer ihn nicht angreift, so gebraucht man den sogenannten Kratzer, der ungefähr wie ein Misthaken, aber mit 6 starken, 12 Zoll langen eisernen Zinken versehen ist. Hiermit arbeitet man die Hindernisse entweder heraus, oder man lockert den Grund auf, damit man den Schlammräumer wieder benutzen kann.

Bei größeren Tiefen muß man, um die Reinigung des Bodens ausführen zu können, sich der Baggermaschinen bedienen. Eine dem Zwecke vollkommen entsprechende Baggermaschine ist in den Figuren 91 und 92 in der Seiten- und Vorderansicht dargestellt. Dieselbe besteht aus einer sechseckigen Welle d, welche mittelst eines Getriebes und gezahnten Rades in Bewegung gesetzt wird; diese Welle wird von zwei Säulen getragen; ferner aus zwei Walzen a, a, die in einem Rahmen unterhalb befestigt sind. Ueber die Welle und diese beiden Walzen läuft eine Kette ohne Ende, woran die äußern Baggerkasten befestigt sind. Beim Gebrauch der Maschine wird die Kette mittelst der sechseckigen Welle herumbewegt, welcher Bewegung auch die daran befestigten Kasten folgen. Sobald diese oben angekommen sind, werfen sie den geschöpften Schlamm oder Sand aus, welcher von einer schrägen Tafel b, die mit Seitenwänden versehen ist, aufgefangen wird. Diese Tafel ist beweglich und kann durch eine Vorrichtung vor- und rückwärts gezogen werden, so daß die leeren Kasten ungehindert vorbei kommen können. Finden sich Steine im Grunde, so werden statt der Kasten eiserne Kratzer, Fig. 93 und 93 A, an die Kette befestigt. Die Maschine

ist zwischen vier eisernen Hängesäulen n, n befestigt, worin Löcher gebohrt sind, so daß man sie mit den darin gesteckten Bolzen hoch und niedrig stellen kann, je nachdem der Grund höher oder tiefer ist. Einige Schacken oder Glieder der Kette ohne Ende erhalten eine solche Einrichtung, daß sie herausgenommen werden können, um die Kette, sobald es erforderlich ist, kürzer machen zu können, wie dies Fig. 93 C zeigt. In Fig. 93 B ist ein Kasten dargestellt, wie er mit der Kette verbunden ist.

Die ganze Maschine hängt in einem beweglichen Gestell von Holz, welches nach allen Seiten hin sich verschieben läßt. Perronet wandte diese Maschine beim Bau der Brücke zu Orleans an; de Cessart benutzte dieselbe beim Bau der Schleuse zu Dieppe zur Ausförderung des Grundes und es wurden damit selbst Strandkiesel herausgehoben. Zum Betrieb der Maschine waren 7 Mann erforderlich, welche täglich auf eine Höhe von 18 Fuß 220 Cubikfuß hoben. Diese Maschine ist unter dem Namen de Lonce'sche Baggermaschine bekannt.

Sollen größere Maschinen zum Ausbaggern des Grundes gebraucht werden, so müssen zum Betrieb derselben nothwendig schon Pferde- oder Dampfkräfte angewendet werden; übrigens genügt eine solche Baggermaschine, wie die erwähnte, zu dem hier angedeuteten Zwecke vollkommen und nur in dem Falle könnte es vielleicht zweckmäßig erscheinen, bei dieser Maschine zum Betrieb Dampfkraft anzuwenden, wenn einmal doch zum Behufe des Ausschöpfens eine Dampfmaschine aufgestellt wäre. Allein auch selbst in diesem Falle hat es bei näherer Untersuchung wieder manche Schwierigkeiten, Dampfkraft anzuwenden, indem die Baggermaschine zu häufig verstellt werden muß. Die Pfahlwände des Fangedammes dienen hier natürlich zum Gerüste, indem darüber ein dichter Dielenboden ausgebreitet wird, der nur an der Stelle offen bleibt, wo jedesmal die Maschine arbeitet.

In den Figuren 94 und 94 A ist noch eine sehr einfache Baggermaschine im Grundriß und im Aufriß mit einem Theile des auszubaggernden Fangedammes dargestellt. Die Baggermaschine besteht aus einer starken und breiten eisernen Schaufel mit einem langen Stiel. Die Schaufel hängt in einem quer über die Fangedämme gelegten Holze in dünnen Ketten oder an Tauen; ferner ist an der Schaufel ein Tau befestigt, dessen anderes Ende um die stehende Welle einer Erdwinde geschlungen ist. Soll diese Maschine in Betrieb gesetzt werden, so faßt ein starker Arbeiter den Stiel der Schaufel, welcher mit einem Querhandgriff versehen ist und drückt denselben mit Gewalt herunter; während der Zeit drehen aber die andern Arbeiter die Welle, wodurch das Tau sich aufwindet und die Schaufel vorwärts rückt, die auf diese Weise in die Höhe gehoben wird und den Sand oder Schlamm mit sich nimmt. Die in Fig. 91 und Fig. 92 dargestellte Baggermaschine ist aber dieser vorzuziehen, indem eine verhältnißmäßig geringere Anzahl Arbeiter viel mehr Erde mit derselben herausfördern, als mit der Baggerschaufel. Jedoch ist auch nicht zu verkennen, daß diese einen großen Vorzug, nämlich den der Einfachheit hat und daß man eine solche Schaufel mit sehr geringen Kosten sich verschaffen kann, wo dagegen eine Baggermaschine, wie die oben erwähnte, schon viele und bedeutende Kosten erforderlich machen wird.

Bei Aufräumung der Baustelle sind auch nicht selten im Grunde liegende Steine oder Baumstämme herauszufördern. Diese Arbeit ist immer mit manchen Schwierigkeiten verbunden. Liegen dergleichen Gegenstände über der Wasserfläche, so ist es insofern keiner großen Schwierigkeit unterworfen, als man sehr leicht Taue oder Ketten daran befestigen und sie alsdann mittelst Erdwinden aufs Land holen, oder mittelst Hebezeugen aus dem Grunde heben kann. Sind die vorgefundenen Steine in solchem Falle zu groß, als daß man sie heben könnte, so werden sie mit Pulver gesprengt, wo dann die kleinern Stücke ebenfalls leichter ans Ufer zu bringen sind. Liegen aber dergleichen Gegenstände ganz unter Wasser, so ist sowohl das Umschlingen der Baumstämme mit Ketten, wie auch das Sprengen der Steine mit Pulver schon immer sehr mühsam.

Wir wollen hier mit der Beschreibung des Beseitigens der Steine den Anfang machen. Sind die Steine nur klein, müssen sie aber dennoch beseitigt und herausgeschafft werden, so lassen sich dieselben, namentlich wenn sie auf sandigem Boden liegen, leicht mit dem gabelförmigen Haken Fig. 95 fassen und aus dem Wasser heben. Dieser Haken hat gewöhnlich drei Zinken, die sich in einer Ebene befinden, welche mit dem Stiel einen Winkel von etwa 70 bis 75 Grad bildet. Der Arbeiter legt das obere Ende des Stiels gegen die Schulter und indem er denselben fest andrückt und eine Bewegung rückwärts macht, bemüht er sich auf solche Weise die Zinken unter den Stein zu bringen. Sobald ihm dies gelungen ist, richtet er den Stiel wieder senkrecht und hebt den Stein, der auf den Zinken ruht, aus dem Wasser. Zum Fassen größerer Steine ist dieses Instrument jedoch nicht mehr anwendbar und man bedient sich dann vorzugsweise der Steinzange. Ist dieselbe an jedem Arme mit mehreren Zinken versehen, so nennt man sie die Teufelsklaue. Bei dieser müssen die Arme den Stein von beiden Seiten umschließen, und wenn dies auch nicht vollständig erreicht wird, so greifen die Zinken doch wenigstens seitwärts gegen die untere Hälfte desselben, so daß sie ihn hinreichend unterstützen. Beide Arme sind durch einen starken Bolzen verbunden und bilden sonach eine Zange. Die Arme der Zange sind mit hölzernen Stielen versehen, die bis über Wasser reichen, um die Zange gehörig an den Stein ansetzen zu können. Diese Stiele dienen auch gleichzeitig zum Schließen und Oeffnen der Zange, weshalb dieselben eine Stärke erhalten müssen, die nicht unter 6 Zoll beträgt.

Man giebt dieser Zange zweierlei Einrichtung, einmal daß sie beim Aufziehen sich selbst schließen, und dann, daß sie durch eine besondere Vorrichtung geschlossen werden kann. Das letztere ist in Fig. 96 dargestellt. Es werden hier die beiden obern Enden der Arme, sobald sie gehörig angesetzt sind, mittelst eines Flaschenzugs stark zusammengezogen; an dem Bolzen, wodurch die Arme zu einer Zange verbunden werden, ist ein starker eiserner Bügel befestigt, an welchem eine Kette hängt, die bis über Wasser reicht. Mit dieser Kette wird dann ein Flaschenzug verbunden, der in einem Rüstbock hängt. Dieser Rüstbock wird entweder auf zwei zusammengelegte Schiffe, oder kann auch auf die Fangedammgerüste, wenn solche schon vorhanden sind, aufgestellt werden.

Die sich selbst schließende Zange ist in Fig. 97 dargestellt. Die beiden Ketten, welche vom untern Blocke des Flaschenzugs nach beiden Armen schräg

herabgehen und mit diesen verbunden sind, üben auf die letzteren einen sehr bedeutenden Seitendruck aus, wodurch dann die Zange sich schließt. Wenngleich bei dieser Anordnung auch der Flaschenzug zum Zusammenziehen der Arme fehlt, so hat diese Einrichtung dennoch wieder den Uebelstand, daß dabei die Zange sich schwierig einsetzen läßt, indem die Achse, in welcher beide Arme verbunden sind, sich hebt, sobald man die Zange öffnet, und sich senkt, sobald man die Zange schließt, indem beim Oeffnen oder Schließen der Zange die beiden Ketten entweder aus einander gehen und somit die Zange heben, oder zusammen gehen und die Zange sinken lassen. Fig. 96 B zeigt die unteren Theile der Arme, welche den Stein fassen. Diese unteren Arme sind gabelförmig gespalten und haben gewöhnlich an der einen Seite zwei, an der andern Seite dagegen drei Zinken, die in einander greifen.

In Fig. 98 ist eine Zange dargestellt, die bei niedrigem Wasserstande sehr brauchbar ist. Der eine Arm ist im obern Ende gespalten und eine eiserne Scheibe eingesetzt, um welche das Tau läuft, das an den andern Arm befestigt wird. Der eine Arm hat meistens nur zwei, etwa 3 Zoll von einander abstehende Zinken, der andere dagegen endet nur in einer Spitze. Der eine Arm der Zange, und zwar der, woran das Tau befestigt ist, wird mit einem Stiel versehen, so daß die Zange auch richtig und bequem eingestellt werden kann.

Größere Steine, die unter Wasser liegen, lassen sich in bedeutender Tiefe bequem noch mit dem Hakenkeil heben und herausziehen. Es müssen jedoch, um denselben anwenden zu können, vorher ein oder mehrere Löcher in den Stein gebohrt werden. Zum Bohren dieser Löcher bedient man sich meistentheils eines Kronenbohrers oder doch eines starken Steinbohrers von etwa 3 Zoll Durchmesser. Die Löcher müssen eine genügende Tiefe erhalten und diese muß mindestens 18 Zoll betragen. Nachdem nun die Löcher gebohrt sind, werden die Keile eingesetzt, deren bei größern Steinen immer mehrere erforderlich sind, weil ein Hakenkeil zu schwach sein würde, ferner aber auch selten der Schwerpunkt des Steines zu treffen ist. Der Hakenkeil besteht nach Fig. 99, Taf. 9, aus zwei Theilen, einem kürzeren, dessen oberes Ende mit einem Haken oder einer Oese versehen ist, die von der Kette des Hebezeugs gefaßt wird, und einem längeren, dem Schlußkeile, der bis über das Wasser reichen muß. Sind beide Theile so neben einander gelegt, daß ihre unteren Enden in eine Ebene fallen, so bildet ihr Querschnitt ein Ellipsoid, dessen größere Achse etwas größer und dessen kleinere Achse etwas kleiner ist, als der Durchmesser des Bohrloches. Beide Theile sind durch eine schräge Schnittebene von einander getrennt, welche ihnen die keilförmige Gestalt giebt.

Um den Stein mit diesem Apparate zu fassen, schiebt man den längern Theil oder den Schlußkeil zurück und verbindet beide durch einen scharf umgebundenen Draht oder Faden. Hierauf schiebt man beide Theile in das Bohrloch, jedoch nur so weit, daß der kürzere Theil des Keils noch nicht den Boden des Bohrlochs erreicht, wie Fig. 99 a zeigt. Das untere Ende des Schlußkeils dringt ebenfalls in das Bohrloch, indem bei dieser Stellung der Keile ihre gemeinschaftliche Breite noch immer kleiner ist, als der Durchmesser des Bohrlochs. Hierauf wird der Schlußkeil, dessen oberes Ende, wie schon erwähnt,

bis über das Wasser reicht, mit einem schweren Hammer nachgetrieben, wobei die Verbindung der beiden Theile durch die Drahtumwindung leicht losläßt. Der Haken wird hierdurch so fest geklemmt, daß er durch den stärksten Zug nicht herausgezogen werden kann, so lange dieser gegenseitige Druck besteht. Um die Keile wieder zu lösen, nachdem der Stein gehoben ist, schlägt man den Keil etwas tiefer ein, der aus diesem Grunde daher von vorn herein nicht mit dem Boden des Bohrloches in Berührung kommen darf, weil er sonst nicht weiter herabgetrieben werden könnte. Hierdurch löst sich der Schlußkeil sehr leicht und man kann den Apparat wieder herausziehen.

Besteht der Grund der Baustelle aus Felsen und ist eine Abebnung erforderlich, oder sind die im Grunde liegenden und zu hebenden Steine zu groß, als daß man sie mit den bisher beschriebenen Apparaten herausfördern könnte, so muß man seine Zuflucht zum Sprengen mit Pulver nehmen. Zu diesem Behufe wird ein 2 bis 3 Fuß tiefes Loch mit einem Kronenbohrer in den Stein gebohrt, nachdem vorher der Stein gehörig untersucht und die passendste Stelle für den Schuß ermittelt ist. Die Größe des Loches beträgt gewöhnlich nicht mehr als 1½ Zoll; an der Mündung aber wird dasselbe mit einem conischen Bohrer bis auf 5 bis 7 Zoll erweitert, um darin eine hölzerne Röhre einsetzen zu können. Die Pulverbüchse besteht aus einem Cylinder von Weißblech, der jedoch unten und oben durch aufgelöthete Böden dicht verschlossen wird. Der obere Boden wird zum Behufe des Einschüttens des Pulvers mit einer kleinen Oeffnung versehen, und außerdem daran eine blecherne Zündröhre gelöthet, die aber eine solche Länge erhalten muß, daß sie bis über das Wasser reicht. Die Büchse wird etwas kleiner im äußern Durchmesser, als das Bohrloch selbst, damit sie sich bequem in dasselbe hineinschieben läßt. Der Zündfaden, welcher aus mehreren sehr lose gesponnenen und schwach gedrehten baumwollenen Fäden besteht, die man mit einem aus Pulver und Rum gebildeten Brei einreibt, wird zuerst in die Zündröhre eingeschoben und zwar so weit, daß er bis zum Boden der Pulverbüchse hinabreicht. Vor der Anwendung muß aber der Zündfaden wieder ganz vollständig getrocknet sein. Hierauf wird das Pulver in die Büchse eingeschüttet und die Oeffnung in dem obern Boden der Büchse mit einem gut passenden Kork geschlossen. Ehe der Schuß in das Bohrloch eingebracht wird, setzt man in die erweiterte Mündung des Bohrloches eine hölzerne Röhre, die am untern Ende conisch zugespitzt ist. Durch die Oeffnung dieser Röhre wird die Pulverbüchse eingesetzt und es wird außerdem auch dadurch möglich, den Thon, womit der Schuß bedeckt werden muß, vor starker Benetzung und völligem Erweichen zu sichern. Um dies noch besser zu bewirken, wird das conische Ende der Röhre nur schwach und möglichst gleichmäßig, weiter aufwärts dagegen sehr stark mit Heede umwunden, die mit einer Mischung von Theer und Asche bestrichen wird. Außerdem wird ein ringförmiger Sack aus Segeltuch, der mit Sand oder Kies gefüllt ist, dicht oberhalb dieser Umwickelung an die Röhre genagelt und bildet somit, wenn die Röhre fest eingetrieben ist, einen Schirm, der die Packung zusammenhält und ein Heraufziehen derselben verhindert. Nachdem nun die hölzerne Röhre aufgesetzt und mit einer Handramme fest eingetrieben ist, entfernt man zuerst mittelst

eines Schwammes das Wasser aus dem Bohrloche und bringt darauf die Pulverbüchse mit der Zündröhre hinein; hierauf schüttet man trockenen Lehm mit Sand oder Ziegelmehl vermischt darauf, der in einzelnen Schichten mit einem passend geformten Ladestocke festgestampft wird. In Fig. 100 ist die ganze Anordnung dargestellt.

Die mit der Sprengung beauftragten Arbeiter ziehen sich, nachdem der Zünder angezündet ist, schnell zurück, weil dieselben sonst leicht durch die auffliegende hölzerne Röhre beschädigt werden können.

Ausführlichere Nachrichten über Sprengen von Steinen findet man in Eytelwein's practischer Anweisung zur Wasserbaukunst und in Hagen's Handbuch der Wasserbaukunst, so wie in Crelle's Journal für die Baukunst, Band IV. Zuweilen kommt es auch vor, daß an der Stelle der Baugrube im Grunde theilweise oder beinahe ganz versandete Baumstämme sich befinden, die aber, wenngleich sie häufig nur mit sehr großen Schwierigkeiten herauszuschaffen sind, dennoch beseitigt werden müssen.

Um diese Arbeit ausführen zu können, sucht man zuerst eine Kette unter dem Baumstamm hindurchzuziehen. Ist derselbe versandet, so muß zuvor die Stelle, wo man die Kette durchbringen will, ganz freigelegt werden, damit man mit einem Haken unter dem Stamme durchstoßen kann. Gewöhnlich bedient man sich hierzu eines Bootshakens, mit welchem man von einer Seite her die Kette in möglichst schräger Richtung unter dem Stamme durchzutreiben sucht. Auf der gegenüberliegenden Seite, die recht tief ausgebaggert werden muß, um einen freien Raum daselbst zu bilden, sucht man mit einem zweiten Haken nach der Kette, und sobald man sie gefunden hat, wird sie vollends hindurch- und dieses Ende dann heraufgezogen. Dieses Verfahren ist aber immer mühsam und sehr zeitraubend. Man bedient sich daher vortheilhafter statt des Hakens eines im Kreisbogen gekrümmten eisernen Bügels von 5 bis 6 Fuß Länge, dessen hinteres Ende an einem hölzernen Stiele von hinreichender Länge befestigt ist. Der Bügel, dessen Stärke beinahe 1 Zoll beträgt, hat am vorderen Ende ein rundes Loch, durch welches ein dünnes, etwa $1/2$ Zoll starkes Seil durchgezogen ist. Sobald der Bügel unter dem Stamme durchgesteckt ist, sucht man mit einem Haken das durchgezogene Seil zu fassen und hervorzuziehen, befestigt es alsdann an die Kette, welche unter dem Stamme durchgezogen werden soll, und zieht den Bügel zurück und an dem Seile die Kette nach. Ein solcher Bügel ist in Fig. 107 dargestellt.

Sobald nun diese Kette durchgezogen ist, muß der Stamm gehoben werden. Dies kann übrigens auf mehrere Arten geschehen. Eine ältere Methode bestand darin, daß man über zwei neben einander liegende, mit Pumpen versehene Schiffe starke Querbalken legte, alsdann die Schiffe durch Einfüllung von Wasser bis zu einer gewissen Tiefe senkte und nun die unter dem Baumstamme durchgezogene Kette an die Querbalken befestigte. Hierauf wurden die Schiffe wieder vom Wasser geleert, wodurch sie sich allmälig hoben und den Baumstamm mit in die Höhe zogen. Ein solches Verfahren, durch den hydrostatischen Druck des Wassers derartige Gegenstände zu heben, ist in einem Flusse, worin Ebbe und Fluth stattfindet, sehr zweckmäßig anzuwenden, indem man die nöthigen Vor-

bereitungen, als das Durchziehen der Kette und das Befestigen derselben, während der Ebbezeit ausführt und die Fluth abwartet, wodurch der Wasserspiegel sich hebt, in Folge dessen die Schiffe und auch der Baumstamm gehoben wird. In diesem Falle benutzt man aber nur leere Schiffe.

Ferner bedient man sich zum Heben des mit einer Kette umschlungenen Stammes auch des Haspels, welcher auf den über zwei Schiffe gelegten Querbalken ruht und um dessen Welle die Kette aufgewunden und dadurch der Stamm gehoben wird.

Fig. 106 und 106 A zeigen eine Vorrichtung zum Heben von Baumstämmen und dergleichen Hindernissen im Durchschnitt und einen Theil des Grundrisses, die bei der Reinigung der Elbe von Baumstämmen vom Bauinspector Stelling angewendet wurde.

Es wurden nämlich zwei Fähren mittelst der Spannbäume a fest mit einander verbunden. Oberhalb dieser Spannbäume befanden sich an beiden Enden der Schiffe die doppelten, fest verbundenen Träger b, an deren Enden die eisernen Schrauben c mit dem gehörigen Zubehör angebracht waren. Die Schrauben gingen durch Muttern, die mit Zapfen versehen waren, worauf die Träger bei d ruhten. Damit die Träger mit den Schrauben nicht umfallen konnten, waren vier Bordsäulen f angebracht. An die Träger wurden die Ketten befestigt und erstere durch das Umdrehen der Schrauben in die Höhe gewunden, in Folge dessen die Ketten angespannt, und somit nach und nach der umschlungene Stamm gehoben wurde. Zum Durchziehen der Ketten unter den Baumstämmen bediente man sich des in Fig. 107 dargestellten Bügels. Eine ausführliche Beschreibung dieser Methode, Baumstämme aus dem Grunde zu heben, findet man in Crelle's Journal für die Baukunst, Band I.

Statt der Kette, welche unter dem Baumstamme durchgezogen werden muß, bedient man sich auch, namentlich wenn der Stamm sehr tief im Sande liegt, so daß es schwer wird, eine Kette darunter durchzuziehen, großer eiserner Holzschrauben oder starker Bolzen mit Widerhaken, die in den Baumstamm eingeschraubt oder eingetrieben werden. In beiden Fällen muß indessen der Stiel, woran man entweder die Schraube dreht, oder auf dessen Kopf man mit dem Hammer schlägt, bis über das Wasser und zwar so weit reichen, daß vom Schiffe aus die Arbeiter das Eintreiben bequem ausführen können. Die Kette zum Heraufziehen des Stammes wird am zweckmäßigsten unmittelbar neben demselben befestigt, indem die Schraube oder der Bolzen unmittelbar über sich einen starken Knopf erhält, gegen welchen sich eine starke gebogene Eisenplatte lehnt, die das unterste Glied der Kette bildet, wie dies Fig. 105 zeigt.

Finden sich im Grunde der Baustelle alte Pfähle und macht es der neuaufzuführende Bau oder doch die Herstellung des Fangedammes um denselben erforderlich, daß dieselben ausgezogen werden müssen, so läßt sich dies auf verschiedene Art ausführen.

Ist der Grund nicht fest, in welchem die Pfähle stecken, und stehen diese überhaupt nicht tief in dem Boden, so lassen sie sich manchmal sehr einfach dadurch beseitigen, daß man an das obere Ende der Pfähle ein starkes Tau befestigt, welches mit dem andern Ende um die Welle einer durch eingerammte

Pfähle befestigten Erdwinde aufgedreht wird. Vermittelst der Erdwinde wird das Tau so lange angezogen, bis der Pfahl sich völlig loslöst und in die Höhe treibt. Auch kann man sich hierzu eines Flaschenzugs mit zwei- und dreischeibigen Blöcken bedienen, wo dann der eine Block an einen fest eingerammten Pfahl befestigt wird. Diese Arbeiten sind namentlich im Winter sehr gut auszuführen, wenn das Wasser mit einer hinreichend starken Eisdecke belegt ist, wo dann die Erdwinde oder der Flaschenzug an einen in die Eisdecke eingreifenden eisernen Schiffsanker befestigt wird. Ist aber der Grund, worin die Pfähle stecken, aus festem Lehm oder Thon bestehend, oder stehen überhaupt die Pfähle zu tief im Grunde, so brechen dieselben bei dieser Methode des Ausziehens meistentheils dicht über dem Boden ab und es wird dann der beabsichtigte Zweck ganz verfehlt. In solchen Fällen muß man daher suchen den Pfahl zu heben und dadurch auszuziehen.

Das einfachste Verfahren, Pfähle auszuziehen, besteht in der Anwendung des Wuchtbaums oder Hebels. Fig. 101 zeigt eine solche Anordnung. Hierbei ruht der Wuchtbaum a auf der Unterlage b; am untern Ende d desselben ist die Kette c befestigt, welche um den auszuziehenden Pfahl geschlungen ist. Man sucht nun dadurch den Pfahl zu heben, daß man das lange Ende des Hebels herunterdrückt; hierbei ist es aber sehr zweckmäßig, daß man während des Herunterdrückens des Hebels den Pfahl zu erschüttern sucht, was am wirksamsten dadurch geschieht, daß man ihn während der Operation mit einer Handramme niederzustoßen sucht. Erschütterungen von seitwärts her auf den Pfahl hervorzubringen, als durch Anschlagen mit einem schweren Hammer oder mit einer Zimmeraxt, ist ganz zwecklos. Ist das lange Ende des Hebels niedergedrückt, was nicht immer als eine Folge des Hebens des Pfahles anzusehen ist, so wird derselbe wieder gehoben und die am untern Ende desselben befestigte Kette möglichst tief auf den auszuziehenden Pfahl heruntergeschoben, und alsdann wieder der Hebel heruntergedrückt. Dieses Manöver wird so lange wiederholt, bis man den Pfahl völlig herausgezogen hat. Hierbei findet aber häufig ein Nachgeben der Kette Statt, wodurch der Effect des einzelnen Zuges geschwächt und oft ganz vernichtet wird; außerdem erfordert das häufige Anspannen der Kette auch viele Zeit. Um daher diese Nachtheile zu vermeiden, schlägt man zur Haltung der Kette zwei Spitzbolzen in den Pfahl hinein, wovon der eine die Kette hält, daß sie nicht etwa längs des Pfahles aufwärts gestreift werden kann; der andere hält dagegen die Kette gespannt, sobald der Wuchtbaum wieder gehoben und die Kette angezogen wird und um den Wuchtbaum wieder aufs Neue umgeschlagen werden muß. Zu einem solchen Wuchtbaume wendet man gewöhnlich einen circa 30 Fuß langen starken Sparren an, der am untern Ende vierkantig behauen wird. Nimmt man hierzu stärkeres Holz, so müssen schon andere Vorrichtungen angebracht werden, um den Wuchtbaum beim jedesmaligen Anspannen der Kette heben zu können, wo dagegen im ersteren Falle dies nicht erforderlich ist, indem der Sparren durch die dabei beschäftigten Arbeiter, deren Zahl nicht unter 6 beträgt, sehr leicht noch aus freier Hand gehoben werden kann. Manchmal stecken aber die Pfähle so tief und fest in dem Boden, daß man schon dadurch gezwungen ist, um die Pfähle

zu heben die ganze Anordnung stärker zu wählen; in diesem Falle muß man aber, wenn man die Zahl der Arbeiter nicht unnöthig vermehren will, schon besondere Vorrichtungen treffen, den Wuchtbaum zu heben und überhaupt demselben auch ein festes Unterlager zu geben.

Fig. 103 zeigt eine solche Anordnung, welche mehrfach vom geh. Oberbaurath Hagen in Anwendung gebracht ist und womit derselbe 50 bis 60 Fuß lange Pfähle, die nicht selten über 30 Fuß im Grunde staken, herausziehen ließ.

Der Wuchtstuhl oder die Unterlage, Fig. 103 a, bestand aus einem durch Schraubenbolzen verbundenen Rahmen aus Eichenholz, in welchem die eiserne Achse befestigt war, um welche die Drehung des Wuchtbaums erfolgte. Der Wuchtbaum selbst bestand aus einem 13zölligen Balken von Kiefernholz, dessen Länge 35 Fuß betrug; er war mit doppelten Pfannen versehen, damit die Drehungsachse verändert werden konnte. Die Pfannen wurden durch eiserne Schienen gebildet, die unten gabelförmig gespalten waren, um die Drehungsachse zu umfassen; sie waren jedesmal durch zwei hindurchreichende Schraubenbolzen mit dem Wuchtbaume fest verbunden. Ihre Entfernung vom Ende des Wuchtbaumes betrug 1 und 2 Fuß. Wenn der Pfahl noch sehr fest im Grunde stak, wurde die Achse in die vordern Pfannen eingebracht, und in diesem Falle übte der Wuchtbaum an sich schon einen Zug von 28,500 Pfund aus. Sobald aber der Pfahl sich etwa um einen Fuß gehoben hatte, so daß der Widerstand sich schon merklich verminderte, wurde der Wuchtbaum so weit vorgeschoben, daß die Achse nunmehr in die zweite Pfanne traf, wodurch dann der Pfahl bei jedem Zuge noch einmal so hoch stieg, wie früher.

Das Heben des Wuchtbaumes erfolgte mittelst einer Erdwinde; das Tau derselben ging über einen Fußblock aufwärts nach der Spitze des Bockes, über eine eiserne Scheibe, die daselbst angebracht war und von hier nach dem Ende des Wuchtbaumes, wo dasselbe befestigt war. Die Kette, womit der Pfahl umschlungen war, wurde durch einen Flaschenzug, der an dieselbe und an das hintere Ende des Wuchtbaumes befestigt wurde, weiter heraufgezogen.

Die Befestigung der Kette geschah in folgender Weise. Damit die Befestigung der Kette an dem Pfahlkopfe nicht jedesmal auf eine andere Stellung übertragen werden mußte, sondern so lange es möglich war an einer einzigen Stelle unverändert bleiben konnte, wurde aus dem untern Ende derselben eine Schlinge gebildet und diese auf den Pfahl möglichst tief heruntergeschoben. Am Aufschieben oder Nachgeben wurde dieselbe durch zwei in den Pfahl eingeschlagene Spitzbolzen gehindert, in der Art, wie bereits oben angeführt ist. Das andere Ende der Kette wurde, nachdem der Wuchtbaum mittelst der Erdwinde gehoben und diese festgestellt war, mittelst des erwähnten Flaschenzuges möglichst straff angezogen und darauf dieselbe oben auf dem Wuchtbaume festgesteckt. Zu diesem Behufe waren zwei hochkantige Schienen von $^7/_8$ Zoll Stärke mittelst dreier Bolzen an dem Wuchtbaume sehr sicher befestigt. In diesen beiden Schienen, die genau gegen einander überstanden, waren mehrere Löcher angebracht, durch welche, so wie durch die Oeffnungen der Glieder der Kette, Bolzen gesteckt wurden.

Damit ferner die Kette nicht etwa vom Wuchtbaume herabgleiten und sie

sich auch in den kürzern Hebelsarm nicht stark eindrücken könne, war am Ende des Wuchtbaumes ein Einschnitt gemacht, der eine cylindrisch geformte vertiefte Rinne bildete, die mit einem starken Eisenblech ausgefüttert wurde. Das obere Ende der Kette wurde durch den Flaschenzug gehalten und so am Herunterfallen gehindert. Ausführlichere Nachrichten hierüber findet man in Hagen's Handbuch der Wasserbaukunst, Bd. I.

Wiebeking führt in seinen Werken eine ähnliche Vorrichtung an, nur daß er die Hebung des Wuchtbaumes statt mittelst einer Erdwinde durch einen Flaschenzug bewerkstelligt, der in der Spitze des Bockes an diesem und an einem horizontalen Fußgestelle desselben befestigt ist. Die Verbindung der Kette mit dem Wuchtbaume ist in der Art, wie in Fig. 101 näher angedeutet ist, wo nämlich die Kette auf einen Haken gehängt wird, der durch mehrere Schraubenbolzen sicher an dem Wuchtbaume befestigt ist.

Da die Kette ohne Anwendung der erwähnten Spitzbolzen sehr leicht nachgiebt, so hat man, um diesem Nachtheile vorzubeugen, sich eines starken eisernen Ringes bedient, der mit zwei starken Dornen versehen wird, die beim Anziehen der mit diesem Ringe verbundenen Kette, sich in das Holz einpressen. Fig. 104 zeigt einen solchen Ring. Derselbe ist insofern ganz zweckmäßig, wenn die auszuziehenden Pfähle alle einerlei Stärke haben, indem dann der Ring zu allen passend gemacht werden kann; haben aber die Pfähle verschiedene Stärke, so müßte man schon für jede besondere Sorte Pfähle auch einen besondern Ring haben, indem der Ring, sobald er zu weit ist, den Pfahl nicht mehr hinreichend fassen, sondern, was noch eben so nachtheilig ist, sehr leicht den Kopf des Pfahls abbrechen würde.

In den Figuren 102, 102 A und B ist eine Maschine im Durchschnitt, Grundriß und in der Ansicht dargestellt, welche Perronet beim Bau der Brücke zu Orleans zum Ausziehen der Pfähle und Spundbohlen der Fangedämme benutzte. Diese Maschine besteht aus zwei Haspeln, die in einem fest verbundenen hölzernen Gestelle ruhen. Um die obere Welle dreht sich das Tau oder die Kette aus, welche um den auszuziehenden Pfahl geschlungen ist; in dieser Welle stecken die Hebel c, die durch ein Seil d mit der unteren Welle b verbunden sind. Durch die Umdrehung der Welle b, welche mittelst des Hebels f bewirkt wird, wird das Seil d angezogen und dreht sich auf die Welle b auf, wodurch der Hebel d sich senkt und somit die Umdrehung der Welle a bewirkt. Fällt nun der Hebelsarm c auf die Welle b, so wird ein anderer in die Welle a eingesteckt und mittelst eines Seils wieder mit der Welle b verbunden, worauf dann der Hebel c herausgenommen und die Arbeit des Umdrehens mittelst der Hebelsbäume aufs Neue fortgesetzt wird. Dieses Manöver wiederholt sich so oft, bis der Pfahl ausgezogen ist. Einer weitern Erklärung dieser Maschine bedarf es nicht, indem die Einrichtung derselben genügend aus den bezüglichen Figuren hervorgeht.

Perronet sagt über den Gebrauch dieser Maschine, daß fünf Arbeiter hinreichend gewesen wären, um mit dieser Maschine zu arbeiten.

Bei dem Bau der Brücke zu Neuilly benutzte Perronet eine Ramme zum Ausziehen der Pfähle der Rüstungen und Fangedämme. Es wurde näm-

lich am Kopfe des Pfahls zu jeder Seite ein einscheibiger Block befestigt und eben so befanden sich zwei solche oben an der Ramme. Die hier eingeschorenen Taue wurden über Winden gespannt und während an diesen durch Hebel die Kraft angebracht wurde, ließ man den Rammklotz auf den Pfahl herabfallen.

Außerdem hat man zuweilen auch andere mechanische Vorrichtungen hierbei benutzt. Beim Ausziehen der Pfähle der Rüstungen und Fangedämme bei den Hafenbauten in Hull benutzte man mehrere Flaschenzüge, deren untere Blöcke am Pfahle befestigt waren, deren obere Blöcke aber an einen darüber gestellten Bock angehängt wurden. Die darin eingeschorenen Taue gingen über Erdwinden und bei manchen waren sogar vier solcher Winden erforderlich.

Ferner hat man auch die Schraube zu demselben Zwecke benutzt. Die Schraube erhält alsdann eine solche Einrichtung, daß die um den Pfahl geschlungene Kette an einem Wirbel am untern Ende der Schraubenspindel befestigt wird. Die zugehörige Schraubenmutter liegt auf einer festen Rüstung lose auf und wird mittelst vier Hebel wie eine Erdwinde gedreht. Da aber bei Umdrehung der Schraubenmutter stets eine sehr bedeutende Reibung stattfindet, die ebenfalls zu überwinden ist, womit aber schon ein bedeutender Theil der angewandten Kraft verloren geht, so läßt sich ein solcher Apparat bei fest eingerammten Pfählen wohl nicht als hinreichend wirksam annehmen.

Eben so hat man sich zum Ausziehen der Pfähle des gewöhnlichen Haspels bedient, wobei dann das Tau oder die Kette, woran der Pfahl befestigt ist, unmittelbar über die horizontale Welle geschlungen wird. Aber auch hierbei, so wie auch bei der oben beschriebenen, von Perronet benutzten Maschine zum Ausziehen der Pfähle, ist wohl nicht anzunehmen, daß die Pfähle, die man hiermit entfernte, einen bedeutend großen Widerstand leisteten, indem auch hierbei ein bedeutender Theil der Kraft zur Ueberwindung der stattfindenden Reibung erforderlich ist.

Zum Ausziehen der Pfähle kann man auch die Abwechselungen des Wasserstandes benutzen, wenn dieselben vermöge der Ebbe und Fluth sich in kurzen Perioden wiederholen. Es werden dann nämlich zwei Kähne zu beiden Seiten des auszuziehenden Pfahls gelegt und durch eine starke Balkenrüstung mit einander verbunden, um die Last möglichst gleichmäßig zu verbreiten. Zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes wird der Pfahl an diese Balkenrüstung befestigt. Sobald nun das Wasser zu steigen beginnt, so wirkt der hydrostatische Druck desselben gegen die Kähne und sucht diese zu heben, was aber nicht erfolgen kann, ohne daß der Pfahl nachgiebt. Diese Art Pfähle auszuziehen ist aber immer kostbar und zeitraubend, indem die Fluth nur zweimal täglich stattfindet und daher nicht mehr als zwei Pfähle täglich herausgezogen werden können.

Auch kann man das schon oben angeführte Verfahren zum Heben der Baumstämme anwenden, um Pfähle auszuziehen, nämlich daß man die zum Ausziehen zu benutzenden Schiffe voll Wasser laufen läßt und sobald man den Pfahl daran befestigt hat, dieselben wieder auspumpt.

Das einfachste und sicherste Verfahren zum Ausziehen der Pfähle ist aber immer die Anwendung des Wuchtbaums. Auf dem Lande läßt sich dieser nun sehr leicht anwenden; stehen aber die Pfähle, welche ausgezogen werden sollen,

im Wasser, so muß man schon besondere Gerüste bauen. Diese Gerüste werden dann, je nachdem die Pfähle fest im Grunde stecken, auf zwei größeren und stärkeren Prahmen oder Kähnen angebracht, die durch Querbalken fest mit einander verbunden werden. Zuweilen lassen sich auch bequem die Fangedammsgerüste hierzu benutzen, wenn innerhalb derselben Pfähle im Grunde stecken, die herausgezogen werden müssen. Zum Ausziehen der Spundwände des Fangedamms lassen sich ebenfalls diese Gerüste noch benutzen. Im ersteren Falle muß man aber vorsichtig damit sein und die Pfähle der Fangedammsgerüste gehörig mit einander verbinden und verstreben. Das Ausziehen der Pfähle der Fangedammsgerüste geschieht jedoch nur von Schiffen aus.

§. 47. Von den Fangedämmen.

Die Fundamente einer Brücke müssen beinahe immer unter dem Wasserspiegel ausgeführt werden; es läßt sich aber dann der eigentliche Bau bei Anwendung der gewöhnlichen Methode nicht eher beginnen, als bis die Baugrube wasserfrei hergestellt ist. Hierzu aber ist wieder erforderlich, daß dieselbe gegen das umgebende Wasser vorher schon abgeschlossen und ein freier Zufluß des Wassers von den Seiten oder auch wohl durch den Boden unmöglich gemacht wird. Zu dem Ende muß man den ganzen Raum der Baugrube mit wasserdichten Wänden umgeben, welche Wände man Fangedämme nennt. Dieselben müssen nicht nur dem Drucke des äußeren Wassers hinreichend widerstehen und wo es nöthig ist auch so fest sein, daß sie vom Wellenschlage nicht leiden, sondern sie müssen auch so dicht sein, daß die feinen Wasseradern nicht durchdringen können, wodurch das Wasserschöpfen nur außerordentlich erschwert und die Fangedämme selbst wegen der zunehmenden Erweiterung solcher Oeffnungen auch sehr leicht in Gefahr gesetzt werden würden.

In einzelnen Fällen soll der Zweck der Fangedämme nur der sein, die Strömung und die starke Bewegung des Wassers von der Baugrube abzuhalten, wobei dann vorausgesetzt wird, daß die kleinen Oeffnungen in dem Fangedamme nicht nachtheilig sind, indem das Wasser sehr bald von beiden Seiten sich in gleiche Höhe stellt und somit eine Verschiedenheit des Druckes aufhört. Hierzu kann man sich starker Spundwände bedienen. Doch kommt nicht oft Gelegenheit, sich mit solchen Fangedämmen zu begnügen und zwar ist dies nur dann der Fall, wenn die Fundirung unter Wasser ausgeführt werden soll.

Bei dem Fangedamme, der die Baugrube zur Seite umschließt, ist zunächst die Höhe desselben zu bestimmen, indem davon nicht allein seine Stärke, sondern auch seine ganze Construction abhängig ist. Was nun die Höhe des Fangedammes betrifft, so richtet sich diese gewöhnlich nach dem mittleren Wasserstande, welchen der Fluß während der Sommermonate, also während der Bauzeit, hat. Bis über die höchsten Wasserstände, welche vorgekommen sind, erhebt man die Fangedämme nie, indem dadurch die Kosten zu sehr erhöht werden würden; selbst auch in dem Falle macht man dieselben nicht bis zu dieser Höhe, wenn der Theil des Baues, während dessen man den Fangedamm gebraucht, nicht in einem Sommer vollendet wird. Aber nicht allein wegen der höhern Kosten,

sondern auch wegen mannigfacher daraus entstehender Uebelstände bei hohem Wasser, verwirft man die hohen Fangedämme und läßt die Baugrube für die Zeit des höhern Wasserstandes voll Wasser laufen, was selten einen andern Uebelstand hervorruft, als den, daß man die Baugrube wieder ausschöpfen muß. Gewöhnlich nimmt man die Höhe des Fangedammes 1 bis 2 Fuß höher über denjenigen Wasserstand, welchen man sicher abhalten will, indem der obere Theil des Fangedammes wegen des unvermeidlichen Setzens der Erde sonst selten den Durchfluß des Wassers ganz sicher verhindern würde.

Wie schon erwähnt, hängt von der Höhe des Fangedammes sowohl seine Stärke, als auch seine ganze Construction ab. Sobald der Fangedamm höher wird, muß er auch, selbstredend, eine größere Breite erhalten. Eytelwein bestimmt die Stärke der Fangedämme in der Art, daß man bei Fangedämmen von 8 Fuß Höhe und darüber zur halben Höhe noch 4 Fuß hinzusetzt, welche Summe alsdann die Breite des Fangedammes giebt. Hiernach ist für einen Fangedamm, dessen

Höhe . . . 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 Fuß beträgt,
die Breite zu 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 Fuß anzunehmen.

In Frankreich bestimmt man bei einer Höhe bis zu 3 Meter (9½ Fuß) die Breite gleich der vollen Höhe; über diese Höhe hinaus aber läßt man die Breite nur um den dritten Theil der Mehrhöhe wachsen.

Bei einer Höhe von wenigen Fuß genügt es beinahe, den Erddamm ohne alle Holzwand aufzuwerfen; allein die Erde lagert sich doch fester und läßt sich auch besser stampfen, wenn sie wenigstens gegen eine dichte Wand lehnt, die sich aber dann immer auf der innern Seite, also auf der Seite nach der Baugrube hin, befinden muß. Wird das Fundament mit einer Spundwand umgeben, so wird gegen diese der Erddamm angeschüttet, oder auch man versieht dieselbe mit einem Thonschlage von außen, welches letztere jedoch vortheilhafter ist, indem derselbe von der Bewegung des Wassers nicht so leidet als jede andere Erdart. In Ermangelung einer Spundwand kann man in diesem Falle auch mit Vortheil die Stülpwand, Fig. 37, anwenden, indem hierdurch die Rammarbeit sehr merklich erleichtert wird. Bei Fangedämmen von 4 bis 6 Fuß Höhe muß man sich aber doch schon zweier Holzwände bedienen, zwischen denen das Erdreich eingestampft wird. Auch hierbei läßt sich mit Vortheil die Stülpwand benutzen und dies noch um so mehr, wenn schon vorher eine Spundwand eingeschlagen ist. Die Stülpwand bildet dann die äußere Wand des Fangedammes. Um dieser dann eine gehörige Festigkeit zu geben, legt man außerhalb um dieselbe einen Rahmen von Halbholz oder Riegelholz, welcher durch Zangen mit der innern Spundwand verbunden wird. Ist aber eine solche Spundwand nicht vorhanden, so schlägt man zwei Reihen Spitzpfähle in Entfernungen von 6 bis 8 Fuß in jeder Reihe, ein, nagelt gegen diese an der innern Seite des Fangedammes zwei Reihen Schwapen und schlägt alsdann die beiden Stülpwände ein, welche sich gegen diese Schwapen lehnen. Zu mehrerer Sicherheit verbindet man dann noch je zwei einander gegenüberstehende Pfähle durch starke Latten oder Bretter, indem man diese an die zu verbindenden Pfähle festnagelt.

Eine andere Art Fangedämme, welche mehrfach zur Ausführung gekommen, besteht darin, daß man eine Reihe Pfähle einrammte, dieselben verholmte, und dagegen dann die Bohlenwand nicht senkrecht stellte, sondern sie schräg, und zwar mit einer Neigung von 30 bis 45 Grad gegen den Horizont, auf den erwähnten Holm lehnte. In diesem Falle werden dann die Fugen der Bohlenwand durch darüber geworfenen Mist oder belaubtes Buschwerk und Erde gedichtet. In dieser Art führte Thunberg bei Carlscrona einen Fangedamm aus.*) Dieser Fangedamm war insofern besonders interessant und wichtig, als er auf ganz eigenthümliche Weise erbaut wurde, indem man es sogar versuchte, das Gerüst des Dammes in einer Wassertiefe von einigen zwanzig Fuß aufzustellen und zu verbinden. Seine Länge betrug über 500 par. Fuß und er wurde in einer Wassertiefe von 24 Fuß errichtet, um hinter demselben einen Steindamm aufzuführen. Er erhielt eine parabolische Form und ging in die felsigen Ufer des Meeres hinein. Vor dem Beginn der Arbeit wurden auf dem Eise in der Richtung, die er erhalten sollte, auf zwei Schuh Abstand, sowohl der Länge als der Breite nach, Löcher gemacht, um die Tiefen genau zu messen. Die Beschaffenheit des Bodens wurde sehr sorgfältig untersucht. Um jeden darauf liegenden Stein zu erkennen, bediente man sich einer unten mit Glas verschlossenen hölzernen Röhre, die am untern Theile mit einer schweren Bleiplatte umlegt wurde, um sie auf den Grund bringen zu können. Ehe man indessen den Bau des Fangedammes begann, wurde in die See hinein auf hundert Fuß Abstand ein aus 5 bis 6 Fuß tief eingerammten Pfählen bestehendes und mit Steinen beschwertes Gerüst errichtet, um die Wogen des Meeres zu zertheilen und auf diese Weise bis zum Fangedamm hin ein ruhiges Wasser zu bilden, um diesen darin desto besser errichten zu können. Jetzt wurde der Boden, worauf der Fangedamm gegründet werden sollte, geebnet, indem die Steine aus dem Wasser mittelst Hebezeugen herausgenommen und die Vertiefungen in demselben ausgefüllt wurden.

Nach vollzogener Grundebnung wurde die Holzverbindung db, Fig. 90, nach der für den Fangedamm bestimmten Form von den aus Balken bestehenden Flossen in Abtheilungen heruntergelassen. Zuerst wurde nämlich das Schwellwerk kk und hh gesenkt, zwischen welchen Steinlasten gelagert wurden, um es auf dem Grunde festzuhalten. Hierauf legte man eine andere Holzfügung bdc, deren Vordertheil b, das Hindertheil dc und den Fuß B, der aus einem mit Steinen angefüllten Kasten bestand, ausmachten. Ueber den vordern Theil b wurden die nach der Form des Dammes gekrümmten Balken o horizontal gelegt, worüber dann die Spundbohlen hinabglitten und mittelst einer Ramme in den Grund hineingetrieben wurden. Nachdem diese Spundwand geschlagen war, wurde das Gerüst glf weggenommen und vor die Spundwand m eine Erdmasse geschüttet. Dieselbe wurde in 2 Fuß hohen Lagen hinabgeworfen und so viel als möglich festgestampft.

Als der Fangedamm auf diese Weise vollendet und die dahinter stehende Wassermasse bis auf eine Tiefe von 12½ Fuß unter der Oberfläche des Meeres

*) Essai de bâtir sous l'eau par J. Fellers.

ausgeschöpft war, brach derselbe in der Mitte, auf 215 Fuß Länge, durch. Ohne Zweifel war die Ursache des Unglücks darin zu suchen, daß, da das untere Schwellwerk k k auf einen, einige Fuß dicken Schlammgrund gelagert war, der Druck des Wassers und des Dammes eine ungleiche Pressung des Grundes bewirkte, in Folge dessen eine ungleiche Senkung entstand und das Holzwerk sich aus einander geben mußte.

Nachdem nun der zerstörte Theil des alten Dammes weggeräumt war, wurden zuerst in der Richtung des Fangedammes und in dessen Mittellinie auf 10 Fuß Entfernung die Pfähle x, Fig. 90 A, vertical eingerammt; dann rammte man unter einem Winkel von 45 Grad die Pfähle b auf 5 bis 7 Fuß Abstand ein. An diese Pfähle wurde der Balken a horizontal befestigt; längs dieses Balkens rammte man den Pfahl c unter einem Winkel von 45 Grad ein. Ueber diese Pfahlreihe c c wurden Querbalken e, Fig. 90 B, gelegt, längs welcher Seitenwände, zwischen denen ein Boden kam, um den Zwischenraum mit Steinen anzufüllen, gemacht wurden. Nach dieser Construction wurde das Ganze auf die vordern Pfähle herunter gelassen; hierüber kamen wieder horizontale Hölzer und dann die Rammpfähle f. Ueber diese kamen abermals horizontale Hölzer, welche auf eine sehr sinnreiche Art mit langen Haken versehenen Hölzer herunter gelassen und mit Nägeln befestigt wurden. Ueber diese rammte man endlich, die Spundwand g ein. An den untern und vordern Theil des Dammes wurde Erde angeschüttet, die man feststampfte.

Dieser Fangedamm widerstand dem Andrange des Wassers vollkommen und nachdem das Wasserbecken hinter demselben auf 12 Fuß Tiefe ausgeschöpft war, wurde auf 25 Fuß Abstand von demselben, ein kleiner Fangedamm errichtet, der gleichfalls eine Spundwand und eine Erdanschüttung erhielt.

Die Construction der gewöhnlichen Fangedämme von 8 Fuß und darüber ist folgende: es werden zwei Reihen Spitzpfähle, die den Fangedamm von beiden Seiten einschließen, eingerammt; der Abstand der einzelnen Pfähle in jeder Reihe beträgt 4 bis 5 Fuß; die Entfernung der beiden Pfahlreihen von einander ist aber so zu bestimmen, daß, mit Rücksicht auf die dagegen zu lehnenden Bohlenwände, die Erdschüttung selbst die oben angegebene Breite erhält. Die Pfähle müssen so fest im Grunde stecken, daß sie dem Drucke des Wassers gehörigen Widerstand leisten und selbst dann auch ihren sichern Stand nicht verlieren, wenn es nöthig sein sollte, den losen Grund innerhalb des Fangedammes auszubaggern. Die beiden Pfahlreihen werden hierauf in gleicher Höhe horizontal abgeschnitten, jeder einzelne Pfahl mit einem Zapfen versehen und dann auf jeder Pfahlreihe auf die Zapfen derselben die Holme befestigt. Um nun den Fangedamm gegen ein Ausdrängen durch die einzubringende Erdschüttung zu sichern, werden die beiden Pfahlwände dadurch mit einander verbunden, daß man Querhölzer über die Holme legt und darauf verkämmt. Die Entfernung dieser Querhölzer von einander ist gewöhnlich gleich der Entfernung der Pfähle in jeder Reihe. In den Figuren 46 und 46 A ist diese Construction im Querschnitt und im Längendurchschnitt dargestellt. Eine andere Anordnung ist in den Figuren 45 und 45 A im Querschnitt und im Längendurchschnitt angegeben. Nachdem nämlich die Spitzpfähle gehörig fest einge-

schlagen sind, werden beide Reihen an der äußern Seite mit einer Gurtung versehen, welche aus starkem Riegelholze besteht und entweder gegen die Pfähle genagelt oder mit Schraubenbolzen daran befestigt ist. Hierüber werden alsdann die Querzangen gelegt und auf die Gurthölzer gekämmt. Diese Anordnung ist insofern vortheilhafter, daß dabei weniger Holz verschnitten wird, indem hierbei die Pfähle nicht mit Zapfen versehen werden und man sonach, nach Wegnahme des Fangedammes, die ausgezogenen Pfähle wieder zu einem andern Fangedamme benutzen kann. Häufig aber läßt man auch noch die Gurthölzer weg und verbindet die gegenüberstehenden Pfähle beider Reihen durch doppelte Zangen, die auf die Pfähle überschnitten und an beiden Enden mittelst durchgezogener Schraubenbolzen zusammengehalten werden, wie dies in Fig. 47 im Durchschnitt und in Fig. 47 A im Grundriß dargestellt ist. Die doppelten Zangen werden hier durch die Spundwände unterstützt, oder man kann auch eine Unterstützung derselben dadurch hervorbringen, daß man an die Pfähle unter die Zangen Knaggen nagelt.

Bevor nun die Querzangen zur Verbindung der beiden Pfahlreihen unter sich aufgebracht werden, muß man die dichten Wände auf der innern Seite der Pfähle einsetzen, gegen welche die Erdschüttung sich lehnt. Dies geschieht auf sehr verschiedene Art und zwar muß die Stärke dieser dichten Wände um so bedeutender werden, je größer der Wasserdruck ist, welchen der Fangedamm abhalten soll. Das einfachste Verfahren hierbei besteht darin, daß man Bohlen, die vorher durch aufgenagelte Leisten zu Tafeln verbunden sind, horizontal an den Pfählen hinabschiebt. Diese Tafeln, bei denen die Bohlen zusammengespundet werden, erhalten die ganze Höhe des Fangedammes zur Höhe und werden bei ihrem Einsetzen so viel als möglich in den Grund hinabgestoßen, welcher vorher durch Ausbaggern von Steinen oder Holz möglichst gereinigt sein muß. Dies ist um so nöthiger, damit nicht zu große Fugen zwischen dem natürlichen Boden und den dichten Wänden des Fangedammes bleiben, wodurch die Dichtung sehr erschwert werden würde, indem die eingeschüttete Erde alsdann dem Angriffe des Wassers zu sehr ausgesetzt bliebe. Man baggert auch zu dem Ende an der innern Seite der Pfahlreihe Rinnen möglichst eben aus, in welche die Tafeln eingesetzt werden. Der Stoß zwischen je zwei solchen Tafeln muß immer auf einem Pfahle erfolgen, damit sich beide Enden sicher gegen denselben lehnen; um ferner aber noch eine bessere Dichtung dieses Stoßes hervor zu bringen und auch um ein Umschlagen der Tafeln zu verhüten, wird an der innern Seite über den Stoß noch eine Bohle vorgerammt; an dem obern Holme werden diese Tafeln festgenagelt. Man kann den sichern Stand derselben noch dadurch vergrößern, daß man an verschiedenen Stellen an ihrer innern Seite verticale Bohlen vorrammt. Diese erwähnte Anordnung läßt sich jedoch nur so lange mit Sicherheit anwenden, als der Druck, den die Wand erleidet, nicht sehr bedeutend ist. Wird dieser Druck aber größer, so kann man in vielen Fällen noch vortheilhaft von den oben erwähnten Stülpwänden Gebrauch machen. Um dann der äußeren Bohlenreihe dieser Stülpwand noch in ihrer Mitte eine Unterstützung zu verschaffen, nagelt man beim niedrigsten Wasserstande in der Höhe des Wasserspiegels an der innern Seite der

Pfahlreihen, eine Reihe Bohlen oder Halbholz gegen die eingeschlagenen Spitzpfähle des Fangedammes und eben so in derselben Stärke ein Holz gegen den Holm, wo dann diese beiden Hölzer als Lehre für das Einrammen der Stülpwand benutzt werden. Uebrigens läßt sich auch ein solcher Riegel mittelst aufgenagelter Latten bis zu jeder beliebigen Tiefe hinabschieben und im Wasser in der bestimmten Höhe erhalten, dadurch, daß man die Latten gegen die Pfähle nagelt. Indem es nun hierbei auf eine geringe Differenz in der Höhe gar nicht ankommt, so ist es auch gar nicht durchaus nothwendig, daß die Stöße zwischen diesen Riegelhölzern auf einen Pfahl treffen, sondern sie können bei einander vorbeigreifen, was insofern noch vortheilhaft ist, als dadurch eine größere Sicherheit in Hinsicht der Unterstützung erreicht wird.

Bei höheren Fangedämmen sind die erwähnten dichten Wände jedoch nicht so sicher, als daß nicht Gefahr der Beschädigung zu befürchten wäre und man muß dann zu ihrer Verkleidung und namentlich auf der innern Seite, der Baugrube zu, wo sie nicht nur dem Drucke der eingeschütteten und festgestampften Erde, sondern auch dem des äußern Wassers Widerstand zu leisten haben, eine Spundwand wählen. Man erreicht hierdurch auch jedenfalls einen bessern und sicherern Schluß; außerdem aber hat man noch, zumal wenn man auf beiden Seiten des Fangedammes Spundwände anbringt, den großen Vortheil, daß, da die Spundwände mehrere Fuß tief im Boden stecken, man den Grund innerhalb des Fangedammes ausbaggern und somit den Fangedamm bis unter das natürliche Bett des Flusses hinabführen kann, wodurch man sehr wesentlich zur Verminderung des Wasserzudrangs in der Baugrube beiträgt.

Bei hohen Fangedämmen indessen muß man selbst auch bei den gewöhnlichen Spundwänden noch eine Unterstützung unterhalb des Holms anordnen; zudem ist das Einrammen der Spundpfähle nicht mehr so sicher, wenn die Zwinge dabei sehr hoch sich über dem Boden befindet. Zur Vermeidung dieser Uebelstände wendete Perronet beim Bau der Brücke zu Neuilly und bei der Brücke Ludwigs XVI. ein sehr zweckmäßiges Verfahren an, wodurch die Spundwände unterstützt wurden. Er ließ zwei Reihen Pfähle, die von Mitte zu Mitte 10 Fuß von einander entfernt waren, und deren Abstand in jeder Pfahlreihe 4 Fuß betrug, mit einem 500 bis 600 Pfund schweren Rammbären einschlagen. In einer Höhe von 5 Fuß 6 Zoll über dem niedrigsten Wasserstande wurden an jede Pfahlreihe an der äußern Seite horizontale Hölzer angenagelt, die 6 Zoll Höhe hatten und eben so breit waren; in den Stößen, die immer auf Pfähle trafen, wurden sie 14 Zoll lang mit einander überblattet. Auf diesen Gurthölzern lagen die Zangen, die 8 Zoll hoch waren und auf erstere verkämmt wurden. Die Spundwände, welche gegen die Pfahlreihen gestellt werden sollten, erhielten folgende Einrichtung: sie bestanden aus einzelnen Theilen, deren jeder 12 Fuß lang war und einen Rahmen bildete, der aus zwei Spundpfählen und zwei Paar Zwingen bestand, jedoch so, daß der Rahmen ein verschiebbares Parallelogramm bildete. Diese Spundpfähle, so wie alle übrigen, waren 21 Fuß lang und 4 Zoll stark; die Stärke der Zwingen war 4 Zoll und die Breite derselben gleich 9 Zoll. Die Zwingen hatten aber nicht die volle Länge des Rahmens, um sich nicht gegenseitig zu berühren.

Beim Zusammensetzen der Zwingen wurden die sämmtlich zugehörigen Spundbohlen gleichzeitig genau eingepaßt. Mit dem Einrammen der beiden äußeren Spundbohlen, woran die Zwingen verbunden waren, wurde der Anfang gemacht und sie behielten sowohl unten als oben ihren bestimmten Abstand, nur mußte Sorge dafür getragen werden, daß die Enden der Zwinge sich immer gegen die Pfähle anlehnten. Nachdem auf diese Art die Zwingen festgestellt waren, wurden die vorher eingepaßten Spundpfähle hineingeschoben und eingerammt, wobei jedoch die mittleren am spätesten eingerammt wurden, um eine zu starke Pressung gegen die äußeren Pfähle zu verhüten, indem diese, da sie mit den Zwingen mittelst durchgesteckter Splintbolzen verbunden waren, sehr leicht hätten aufgespaltet werden können. Hierauf blieb noch der Raum zwischen je zweien solcher Rahmen auszufüllen übrig; dieses geschah, indem man passende Spundbohlen auch hier einrammte, welche durch die bereits angebrachten Zwingen in ihrer richtigen Stellung ebenfalls erhalten wurden, da die Zwingen jedesmal einige Zoll weit über die damit verbundenen Spundbohlen vorstanden. In den Figuren 45 und 45 A ist diese Anordnung dargestellt.

Muß der Fangedamm eine sehr große Höhe und sonach auch eine bedeutende Breite erhalten, so genügt eine Anordnung wie die bisher beschriebenen, nicht mehr, indem sie nicht mehr die genügende Sicherheit gewähren und bei dem vermehrten Druck des Wassers ein Durchquellen um so mehr zu befürchten ist, weil bei der bedeutend vermehrten Größe des Erdkörpers innerhalb der Spundwände und des hieraus entstehenden Druckes gegen die innere Wand des Fangedamms diese leicht ausgebogen werden würde. Es ist aber auch selbst in dem Falle, daß die Construction des Fangedammes der Art wäre, daß sie jedem Drucke widerstehen könne, sehr schwierig, denselben bei einer großen Höhe vollständig zu dichten, zumal man in der größeren Tiefe auf eine compacte Ablagerung der Erde nicht mehr hinwirken kann. Um daher diese Uebelstände zu vermeiden, trennt man den Fangedamm der Breite nach in zwei, auch wohl in drei Theile, wie in den Figuren 48 und 48 A angedeutet ist. Hierbei tritt noch der große Vortheil ein, daß für den obern Theil die halbe Stärke schon genügt und sonach der eine Kasten nur etwa halb so hoch zu sein braucht. Ein solcher Fangedamm wird auf folgende Art hergestellt. Man macht damit den Anfang, daß man einen gewöhnlichen Fangedamm, jedoch nur in der halben Stärke, die er seiner Höhe nach erhalten müßte, ausführt. Nachdem dieser Fangedamm hergestellt ist, wird der innere Raum ausgeschöpft, jedoch nur bis zur Höhe des nächstfolgenden Theiles des Dammes und darauf dieser zweite Theil genau in derselben Art ausgeführt, wie der erste. Hierbei tritt aber die Aenderung ein, daß man die innere Pfahlreihe des äußeren Dammes für den inneren mit benutzt und den Holm der dritten Pfahlreihe durch Zangen mit der mittleren Pfahlreihe verbindet; diese Zangen werden auf den Holm verkämmt oder aufgeschnitten und mit ihrem andern Ende durch schwalbenschwanzförmige Blattzapfen seitwärts in die Pfähle eingelassen und festgenagelt. Um den obern Theil des Fangedammes noch mehr zu stützen, werden Streben angebracht, die in die Zangen und in die zugehörigen Pfähle mit Versetzungen von der Seite her eingetrieben werden. Nachdem nun auch dieser zweite Theil des

Dammes mit Erde ausgefüllt ist, wird der eingeschlossene Raum ganz ausgeschöpft.

Da wo die Fangedämme sich über die höchsten Fluthen erheben, was namentlich in Flüssen, wo Ebbe und Fluth eintritt, geschiebt, erhalten dieselben zwar eine sehr große Höhe, wodurch die Construction schwieriger wird; nichts desto weniger tritt aber auch wieder der Umstand ein, daß man zur Zeit der Ebben auch dann an ihrem untern Theile wieder manche Verstärkungen anbringen kann. Auch ist der Vortheil hierbei, daß sobald man mit dem Ausfüllen über die Höhe der Ebben heraufgekommen ist, man das regelmäßige Aufbringen von Erde und das Feststampfen derselben schon einführen kann. Uebrigens kann man bei diesen Fangedämmen nicht mehr die Spundwände anwenden, sondern man benutzt dazu, und namentlich in England, dichte Pfahlwände ohne Spundung. Es fehlt dann auch gewöhnlich die verholmte Pfahlwand und eben so kommen auch die hölzernen Zangen bei diesen größeren Fangedämmen nicht vor, sondern man bedient sich dazu einer Menge eiserner Bolzen, die man so weit abwärts wie möglich anbringt und wodurch die gegenüberstehenden Pfähle zusammengehalten werden. In Fig. 48 A ist ein solcher Fangedamm im Querschnitt dargestellt. Derselbe besteht aus drei Theilen, zu deren Darstellung vier dichte Pfahlreihen erforderlich sind. Die beiden innern sind die höchsten und es erheben sich diese bis über die höchsten Fluthen; die äußere reicht bis 1 Fuß über den Wasserstand zur Zeit der Ebbe; die innere dagegen erhebt sich bis zu einer Höhe, die mit dem mittleren Wasserstande zwischen der Ebbe und der Fluth gleich ist. Die dichten Pfahlwände werden äußerlich mit starken Gurten versehen und durch sämmtliche Gurte dann eiserne Bolzen gezogen, um so ein kräftiges Zusammenhalten der Pfahlwände zu bewirken. Diese Verbindungen sind in der Figur angedeutet. Häufig werden auch noch im innern des Fangedammes Verstrebungen angeordnet; allein diese sind, namentlich wenn die Gründung auf einem Pfahlrost geschehen soll, sehr im Wege beim Einrammen der Pfähle, indem das Versetzen der Ramme dadurch gehindert wird; man muß daher, wenn solche Verstrebungen erforderlich sind und angeordnet werden sollen, ohne daß sie hinderlich sind, den Fangedamm so viel mehr hinausschieben, daß die Verstrebungen außerhalb der eigentlichen Baustelle treffen.

Die bisher angeführten Fangedämme lassen noch manche kleine Veränderungen zu, je nach dem Verhältniß der örtlichen Umstände; hierüber aber specielle Vorschriften zu geben, würde zu weit führen, und es muß dies in jedem besonderen Falle dem vernünftigen Ermessen des Baumeisters überlassen bleiben.

Zum Ausfüllen der Fangedämme muß man jedesmal eine feine, gleichmäßige Erde wählen, die gut bindet und beim Einschütten nicht gleich zu Brei wird oder bei der kleine Höhlungen zurückbleiben, durch welche dann leicht das Wasser durchzieht; ereignet sich nun ein solcher Durchzug, so vergrößern sich leicht diese Höhlungen, indem fortwährend Erdtheilchen mit fortgeführt werden, aber die Erde nicht nachfällt und sonach die Höhlungen wie überwölbt erscheinen. Eine Hauptbedingung aber ist es auch, daß keine Holzstücken oder andere fremdartige Körper mit hineingeworfen werden, oder vielleicht schon beim Bau des

Fangedammes mit hineingebracht sind, indem diese leicht die erste Veranlassung zum Durchzug des Wassers geben. Bei den in Fig. 48 A dargestellten Fangedämmen können zwar die durchgezogenen Bolzen in dieser Beziehung auch als nachtheilig angesehen werden, allein es haftet die feuchte Erde an den eisernen Bolzen, namentlich wenn sie anfangen zu rosten, viel leichter als an Holz. Ueberdies haben die Bolzen auch keine große Stärke und sind immer über dem niedrigsten Wasserstande angebracht, so daß sie die Ablagerung der Erde im untern Theile des Fangedammes durchaus nicht hindern. Es ist aber auch ferner eine sorgfältige Reinigung des Grundes, bevor die Ausfüllung des Fangedammes geschieht, durchaus nothwendig, damit die Füllerde auf die reine Erde des Grundes zu liegen kommt. Manchmal muß aber eine solche Ausräumung sehr tief geschehen; so ließen z. B. Cessart und Voglio bei dem Bau der Brücke zu Saumur den Triebsand auf 12 Fuß tief ausbaggern.

Was die zu wählende Füllerde betrifft, so hält man gewöhnlich einen recht zähen Thon für das beste Material dazu. Allein wenn auch nicht bezweifelt werden kann, daß der Thon, in dünnen Lagen aufgebracht und gehörig festgestampft sehr wasserdicht ist, so tritt der Anwendung desselben im tiefen Wasser doch manche Schwierigkeit entgegen. Man darf den Thon nicht in sehr nassem und aufgeweichtem Zustande anwenden, weil er sonst beim Einschütten und Stampfen vollends zu Brei werden würde; wirft man ihn aber klumpenweise, wie er gestochen wird, in den Fangedamm, so bildet er keine dichte Ablagerung, sondern es entstehen Höhlungen, die nachher um so schwieriger auszufüllen sind. Auch Perronet erwähnt in seinem Werke, daß der innere Raum der Fangedämme bis zur Oberkante der Zangen mit guter Dammerde auszufüllen und diese Erde dem Thon bei weitem vorzuziehen sei. Als sehr anwendbar zum Ausfüllen der Fangedämme hat sich dagegen mehrfach der feine Sand gezeigt. Wenn dabei auch ein Durchsickern des Wassers nie ganz zu vermeiden ist, so ist man doch immer vor dem Entstehen starker Quellen gesichert. Ist nun die innere Holzwand, gegen welche der Sand sich lehnt, recht dicht, so daß die einzelnen Sandkörnchen nicht hindurchdringen können, so lagern sie sich bei eintretendem Wasserdruck von der äußern Seite und vermöge der sich dadurch bildenden geringen Strömung um so fester gegen die innere Wand und verursachen dadurch einen bessern Schluß. Auch Eytelwein giebt an, daß beim Bau der neuen massiven Schleusen des Bromberger Canals, die Fangedämme mit Sand ausgefüllt gewesen und sich daselbst dieses Material sehr gut bewährt hatte. Beim Bau der Humber-Docks in Hull wurde der Fangedamm, der jedoch nur das Fluthwasser abhalten sollte, zwischen den beiden dichten Pfahlreihen mit Ziegelmauerwerk angefüllt, wobei aber die Steine nicht in Mörtel, sondern nur in Sand verlegt waren.

Bei der Ausfüllung der Fangedämme ist es nothwendig, daß diese möglichst gleichförmig und schnell ausgeführt werde und es muß zu dem Ende die Anordnung so getroffen sein, daß in der Nähe des Fangedammes ein hinlängliches Quantum Erde zum Ausfüllen vorhanden ist. Das einfachste Verfahren um eine gleichförmige Füllung auszuführen, besteht darin, daß man über die Querzangen Bretter legt, darüber die Erde einen Fuß hoch ausbreitet und

alsdann sämmtliche Bretter umkippt. Dieses Verfahren wird so häufig wiederholt, bis die Ausfüllung beschafft ist.

Was die Form der Fangedämme betrifft, so muß man die scharfen Ecken so viel als möglich vermeiden, indem in denselben die Füllerde gewöhnlich eine lockere Lage erhält und wegen der vielfachen Berührung mit den Wänden ein gehöriges Ablagern der Erde selten erfolgen kann. Ferner kommt aber auch noch hinzu, daß sich die umschließenden Holzwände selbst nie so dicht in den scharfen Ecken darstellen lassen. Es lassen sich nun auch diese scharfen Ecken bei den Fangedämmen sehr gut vermeiden, indem man, wo die Richtung derselben etwa unter einem rechten oder gar unter einem spitzen Winkel verändert werden muß, die Ecken bricht und dafür zwei stumpfe Winkel darstellt. Die Holme werden dann in allen Ecken des Fangedammes überblattet. In England führt man nicht selten die Fangedämme in Kreisbogen um die Baustelle, wodurch der große Vortheil erreicht wird, daß sie nicht leicht eingedrückt werden können.

Bevor wir zu den noch übrigen Arten von Fangedämmen übergehen, ist es erforderlich, die Art und Weise zu beschreiben, wie der Fangedamm sich an ein höheres Ufer anschließt. Bestehen die Ufer, gegen welche der Fangedamm ausläuft, aus Erde, so wird derselbe noch eine Strecke weit in das Ufer hineingeführt, damit zwischen beiden nicht das Wasser durchdringen kann. Es ist hierbei aber erforderlich, daß die Ufer vorher sorgfältig von Holz, Stubben oder Wurzeln gereinigt werden müssen, weil diese sonst sehr leicht Veranlassung zum Durchzug von Wasser geben. Schließt sich der Fangedamm gegen Felsen, Mauern oder überhaupt gegen fremdartige Körper an, die sich mit der Erde nicht innig verbinden, so giebt es leicht Veranlassung, daß das Wasser hier einen Durchzug findet. In diesem Falle muß man den Fangedamm sehr verbreitern, damit die Berührung, wenn sie auch nicht so innig ist, doch auf eine größere Fläche sich ausdehnt und dadurch der Durchströmung um so mehr Hindernisse entgegenstellt. Ein anderer Vorschlag ist, daß man die Fläche, gegen die der Fangedamm ausläuft, möglichst uneben macht und sie auch wohl mit tiefen verticalen Querschnitten versieht; allein dies ist nicht immer statthaft. In solchen Fällen wendet man auch zuweilen zur Bewirkung eines bessern Schlusses noch anderes Material, als die Erde an; hierher gehört namentlich der Mist; auch Latten, die mit Stroh umwunden sind, stößt man wohl in den Ecken des Fangedammes neben den Mauern oder an steilen Felsen ein.

Ist man in die Nothwendigkeit versetzt, mit dem Fangedamme dergestalt in den Fluß hineinzugehen, daß dessen Unterwaschung zu befürchten steht, so muß gleich anfänglich schon darauf Rücksicht genommen werden und man muß zu dem Ende schon von vornherein das Flußbett gegen Auskolkungen durch Faschinenlagen oder durch sonstige Anordnungen zu schützen suchen. Manchmal kann man dies auch durch eine starke Thonschüttung erreichen, was insofern weit vortheilhafter ist, weil bei der Wegräumung des Fangedammes eine solche Thonlage weit leichter zu beseitigen ist, als eine Faschinenlage. Hierbei mag noch erwähnt werden, daß Rennie beim Bau der Lary-Brücke bei Plymouth auch eine starke Thonschüttung anwendete, weil sich neben den Brückenpfeilern sehr bedenkliche Auskolkungen zeigten; er ließ übrigens, nachdem das Bett mit

einer starken Thonschüttung bedeckt war, darüber noch eine zwei Fuß hohe Lage großer Steine bringen, von denen jeder einzelne etwa einen Cubikfuß maß.

Die bisher beschriebenen Fangedämme dienen dazu, den Zufluß des Wassers von der Seite her zu verhindern. Besteht aber der Baugrund bis zu einer großen Tiefe aus einem weichen Schlamme oder aus Triebsand, in welchem die Pfähle keinen sichern Stand annehmen, so ist die Anlage solcher Fangedämme sehr großen Schwierigkeiten unterworfen, indem dieselben durch den äußeren Druck des Wassers in die Baustelle hineingedrängt werden und es außerdem auch nicht möglich sein wird, die Baugrube wegen des fortwährend starken Wasserzudranges von unten her trocken zu legen. Die gewöhnlichen Fangedämme können daher einen solchen Zweck nicht mehr erfüllen und es wird deshalb nöthig, Erdmassen in sehr breiten Profilen aufzuschütten und dadurch einen Druck zu erzeugen, wodurch der Untergrund nach und nach befestigt wird. Solche Dämme nennt man Grundfangedämme; sie haben übrigens hauptsächlich auch den Zweck, das Durchströmen des Wassers in der Sohle der Baugrube zu verhindern und finden daher ihre Anwendung in einem leicht durchdringlichen Kiesboden, so wie auch im Sandboden. Die wichtigste Anwendung eines solchen Grundfangedammes machte Régemortes beim Bau der Brücke zu Moulins über den Allier. Das Flußbett bestand hier aus feinem Sande, der bis auf 47 Fuß Tiefe hinabreichte. Er ließ zu dem Ende zuerst fünf Reihen Spundpfähle einrammen und zwar zwei oberhalb und drei unterhalb der neu zu erbauenden Brücke. Sie erstreckten sich sämmtlich von einem Ufer bis zum andern und die zweite und dritte Reihe trafen auf die Ecken der Köpfe vor den Brückenpfeilern.

Alle vier Räume zwischen den Spundwänden mußten nun bedeckt werden; sie wurden daher zuerst bis zu der erforderlichen Tiefe ausgebaggert und dann der Grund durch Abstreichen gehörig ausgeglichen und geebnet. Nachdem dies geschehen war erfolgte die Versenkung des Thons, womit der Boden bedeckt werden sollte. Hierzu benutzte man einen Kasten von 13 Fuß Breite und 60 Fuß Länge, welcher zwischen zwei Fahrzeugen hing. Der Boden des Kastens war gitterartig aus einzelnen Stäben zusammengesetzt und die Oeffnungen dazwischen 8 Zoll breit. Diese Oeffnungen ließen sich durch Klappen, die nach unten aufschlugen, schließen. Der Kasten wurde, nachdem die Klappen geschlossen waren, ganz gleichmäßig 1 Fuß hoch mit zähem und zerschlagenem Thon angefüllt und sobald die Klappen geöffnet wurden fiel der Thon eben so gleichmäßig auf das geebnete Bett zwischen den beiden Spundwänden hinab. Nachdem die Baugrube überall ganz gleichmäßig auf diese Weise beschüttet war, wurde die Ueberdeckung der Thonschicht ausgeführt und zwar mittelst Tafeln von 12 Fuß Länge und 12 Fuß Breite, die aus ³/₄zölligen Dielen mit übernagelten Leisten zusammengesetzt waren. Bei Senkung der Tafeln wurde die größte Vorsicht angewendet, daß sie regelmäßig neben einander zu liegen kamen und den Grund überall bedeckten. Um jedoch noch einen vollständigeren Schluß hervorzubringen, wurden auf die Ränder der Tafeln Streifen von Zwillig genagelt. Um aber ein Wiederaufschwimmen der Tafeln zu verhindern, wurden dieselben schon beim Hinablassen mit kleinen Steinen in der Mitte beschwert.

Nachdem auf solche Art der Boden gedichtet war führte man erst die Fangedämme auf, welche aus hölzernen Kasten bestanden, die mit einem Boden, aus zweizölligen Bohlen gebildet, versehen waren, denen man durch Einhauen eine rauhe Fläche gegeben hatte, damit sie um so besser haften möchten. Zur besseren Dichtung streute man auf die Stelle, worauf sie ruhen sollten, vorher etwas Thon. Hierauf setzte man die Schöpfmaschine in Bewegung, so daß die Baugrube trocken wurde. Auf den Tafeln, die nunmehr eine gleichmäßige und starke Beschwerung erhielten, wurden die Brückenpfeiler fundirt; eben so wurde aber auch ferner der ganze Raum zwischen den Spundwänden, so wie ober= und unterhalb der Brücke, 6 Fuß hoch ausgemauert und es bestand der obere Theil dieses Mauerwerks in einem regelmäßigen, 18 Zoll hohem Pflaster. Die äußeren Spundwände erhielten Fachbäume, die mit der Oberfläche des Pflasters bündig waren; über die inneren Spundwände dagegen wurde das Mauerwerk herüber geführt. Zur Zeit des niedrigen Sommerwasserstandes betrug die Wassertiefe über den Fachbäumen oder der Grundmauer 2 Fuß. Die Brücke hat sich, so viel bekannt geworden ist, bis jetzt sehr gut gehalten.

Besteht der Grund, auf welchem ein Fangedamm hergestellt werden soll, aus felsigem Boden, so ist es nicht möglich, Pfähle in denselben einzurammen und auf oben beschriebene Art den Fangedamm auszuführen; man muß daher zu andern Hülfsmitteln seine Zuflucht nehmen. Beim Brückenbau kommt es nun zwar nicht vor, oder doch wenigstens sehr selten, daß man, sobald man einen felsigen Boden vorfindet, wasserdichte Fangedämme um die Baugrube legt, um diese trocken legen zu können, sondern es genügt dann vollkommen, wenn man solche Fangedämme herstellt, wodurch die Strömung des Wassers in der Baustelle selbst aufgehoben wird, um eine Bétonfundirung ungestört ausführen zu können. In Frankreich hat man in solchen Fällen zuweilen eine Umschließung der Baustelle auf die Art dargestellt, daß man Löcher in den Felsen bohrte, welche den Ecken des Brückenpfeilers entsprachen, oder doch in die Richtung der Seitenflächen desselben trafen. In diese Löcher wurden passende Pfähle eingetrieben und an denselben doppelte Zangen versenkt, die die Pfahlreihe umfaßten und somit etwas Aehnliches darstellten, wie die Zwingen beim Einrammen der Spundwände. Aehnliche Zwingen wurden auch über Wasser an die Pfähle angebracht und damit verbolzt. Zwischen diese und die unteren Zwingen schob man nunmehr die einzelnen Pfähle, welche die dichtschließende Wand darstellen sollten, ein und ließ sie bis zum Boden hinabgehen, wodurch sie sich an die Unebenheiten des Grundes möglichst anschlossen und danach die Versenkung des Bétons, so wie die weitere Ausführung des Pfeilers vorgenommen werden konnte. Dieses Verfahren, welches bei der Brücke zu Souillac in Ausführung gebracht wurde, wird weiter unten noch ausführlicher besprochen.

Bei Fangedämmen jedoch, die die Baustelle gegen den Zutritt des Wassers sicher stellen sollen, genügt eine solche einfache Wand nicht, sondern es müssen ebenfalls doppelte Wände hergestellt werden, deren Zwischenraum mit Erde angefüllt wird. Ein interessantes Beispiel dieser Art war der Fangedamm, welcher bei der Aussprengung des Vorhafens für den Kriegshafen zu Cherbourg die Mündung desselben gegen die See schloß. Dieser Fangedamm bestand in

einem großen gezimmerten Kasten, dessen Länge mit der Breite der Mündung übereinstimmte und 142 Fuß betrug; am Boden war er 84 Fuß breit, oben 44 Fuß und seine Höhe betrug 45 Fuß. Er bestand eigentlich nur aus einer vorderen und einer hinteren Wand; der Boden und die beiden Seitenwände fehlten ihm, damit die eingeschüttete Erde alle Unebenheiten, die sie berührte, ausfüllen und an recht vielen Punkten mit dem Grunde und den Dossirungen der Hafendämme sich verbinden konnte. Diesen Damm hielt man indeß allein noch nicht für ausreichend, um dem Drucke des äußeren Wassers und dem starken Wellenschlage genügenden Widerstand leisten zu können, weshalb an der innern Seite desselben noch eine schräg ansteigende Erddossirung von etwa 45 Fuß Breite, deren Fuß an eine verstrebte dichte Holzwand sich lehnte, dagegen geschüttet wurde. In andern Fällen, wo man Fangedämme auf einem zusammenhängenden Felsboden herstellte, sicherte man sie noch dadurch gegen das Verschieben durch den Wasserdruck, daß man Bohrlöcher in den Grund trieb, in welche eiserne Anker oder Dübel eingelassen wurden, gegen welche die Wände sich lehnten.

Es können endlich auch Fangedämme von Faschinen und Erde angelegt werden, besonders wenn sie sehr lang sein müssen, als bei breiten Strömen, wo sie auf diese Weise leichter und zugleich von Faschinen wohlfeiler errichtet werden, als die vorhin beschriebenen mit Pfählen und Brettern eingefaßten Fangedämme. Es darf aber nicht ein zu hoher Wasserstand vor solchen Fangedämmen zu stehen kommen und es hat diese Art Fangedämme den Uebelstand, daß man sie nachher nur mit vieler Mühe wieder aus dem Wasser entfernen kann.

Was nun die Wegräumung der Fangedämme betrifft, so muß diese immer mit möglichster Vorsicht geschehen, weil bei einem hohen Wasserstande vor dem Fangedamme, wenn das dahinter liegende Bauwerk beendet ist, durch ein zu plötzliches Zulassen des Wassers leicht eine Unterspühlung desselben entstehen kann. Es ist daher rathsam, das äußere Wasser nur allmälig hinter dem Fangedamme eintreten zu lassen, was man meistentheils schon dadurch erreichen kann, wenn man die Schöpfmaschinen, die bis dahin zur Trockenhaltung der Baugrube benutzt wurden, stillstehen läßt. Nachdem nun die Baustelle voll Wasser gelaufen oder doch das Wasser in derselben ziemlich hoch gestiegen ist, fängt man an die Füllerde des Fangedammes auszugraben und auszubaggern. Die ausgegrabene Erde wird in Schiffen oder wenn Gerüste vorhanden sind, in Karren oder Wagen forttransportirt; oder wenn dieselbe aus Thon bestand und der Baugrund Sandboden ist, kann man sie innerhalb des Fangedammes werfen, wodurch die Fundamente noch mehr geschützt werden. Hierauf werden die sämmtlichen Pfähle und Spundpfähle des Fangedammes ausgezogen. Das ausgezogene Holz läßt sich dann, wenn mehrere Fangedämme erforderlich sind, sehr gut wieder zur Herstellung der weiteren Fangedämme benutzen.

Sechstes Capitel.

Von der Trockenlegung der Baugrube und von den Schöpfmaschinen.

---

§. 48. Von der Trockenlegung der Baugrube.

Das Ausschöpfen tiefer Baugruben, welches bei den gewöhnlichen Fundirungsarten nicht umgangen werden kann, ist, wenn der Bau in einem Flusse oder doch in unmittelbarer Nähe desselben vorgenommen wird und der Boden von der Beschaffenheit ist, daß er die Quellen mit Leichtigkeit hindurchläßt, häufig mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden und es ist hierbei nicht selten der Fall, daß man den Wasserspiegel innerhalb der Baugrube nur bis zu einer gewissen Tiefe senken kann, wo dann wieder eben so viel Wasser zufließt, als die Maschine hebt und somit eine fernere Senkung des Wasserspiegels nicht möglich ist; denn da das Wasser sich in der Baugrube immer sehr schnell wieder ansammelt, so wird, je mehr man es durch Pumpen oder Schöpfen senkt, auch der Zufluß um so heftiger, indem der Wasserdruck, unter welchem die Quellen hineintreten, durch diese Senkung nur vermehrt, aber durchaus nicht vermindert wird.

Sehr vortheilhaft ist es, wenn die Tiefe, zu welcher das Wasser gesenkt werden kann, noch unter der Sohle der Baugrube liegt, weil in diesem Falle das Pumpen nicht ununterbrochen fortgesetzt zu werden braucht, indem schon immer eine gewisse Zeit verstreicht, bevor das Wasser sich so weit wieder angesammelt hat, daß es den Fundirungsarbeiten hinderlich wird. Läßt sich aber das Wasser nicht tiefer senken, als bis zu der Sohle, auf welcher der Rost oder der sonstige Grundbau vorgenommen werden soll, so darf das Ausschöpfen nicht zum Stillstande kommen, weil dadurch jedenfalls die Arbeit sehr bald unterbrochen werden würde. In solchen Fällen muß aber schon immer jeden Morgen mehrere Stunden vor dem Anfang der eigentlichen Arbeitszeit mit dem Wasserschöpfen begonnen werden, um den Zufluß, der sich während der Nachtzeit angesammelt hat, wieder zu beseitigen. Wollte man dies unterlassen, so würde immer viel Zeit unnütz verloren gehen, ehe man die eigentliche Arbeit wieder beginnen und fortführen könnte. Da es aber immer vortheilhaft ist, unter solchen Umständen die Arbeit möglichst zu beschleunigen, so sollte man bei solchen Wasserbauten während der Nacht weder das Schöpfen noch die eigentlichen Bauarbeiten aussetzen und zwar um so weniger, weil im Allgemeinen die zur Ausführung solcher Grundarbeiten erforderliche günstige Zeit nur kurz ist. Es ist indessen hierbei auch der Umstand zu erwägen, daß durch Aufstellung einer kräftigen Maschine, wodurch die Baugrube wirklich trocken gelegt wird, keineswegs alle Schwierigkeiten beseitigt sind, indem eben die starke Strömung, welche sich durch den Baugrund hindurchzieht, denselben zuweilen so auflockern kann, daß er die nöthige Festigkeit verliert.

Wenn man nun auch wohl sehr selten im Stande ist, den Wasserzudrang zu schwächen, so darf man doch nichts desto weniger unterlassen, durch sorgfältig angestellte Versuche mit Erdbohrern sich vorher von der Beschaffenheit des Grundes zu überzeugen, um danach einigermaßen die Stärke des Wasserzudranges zu beurtheilen. Der Wasserzudrang hängt indessen sehr von der Höhe des äußeren Wasserspiegels ab, und da dieser je nach der Jahreszeit veränderlich ist, so liegt schon darin ein großer Vortheil, wenn diejenigen Arbeiten, bei denen die tiefste Senkung des Wasserspiegels erforderlich ist, in der Zeit vorgenommen und ausgeführt werden, wo auch die Flüsse das wenigste Wasser führen und daher auch der Zudrang des Wassers durch die Erde am schwächsten wird. Dies findet gewöhnlich in den Monaten August, September und October Statt. Man muß daher frühzeitig genug die Arbeiten so einleiten und vorbereiten, daß die Hauptgrundarbeiten in dieser Zeit ausgeführt und vollendet werden können.

Die Trockenlegung der Baugrube läßt sich übrigens noch, wenngleich auch die Zuflüsse nicht zu vermindern sind, dadurch wesentlich befördern, daß man den Abfluß des Wassers erleichtert, was dadurch bewirkt werden kann, daß man die Hubhöhe, so viel es irgend geschehen kann, vermindert. Zu diesem Ende muß man das Wasser nicht über die Krone des Fangedammes ausgießen, indem, da dieser immer einige Fuß höher ist, als der gewöhnliche Wasserstand, hierdurch schon leicht eine merkliche nutzlose Vermehrung der Arbeit hervorgebracht werden kann, sondern es ist genügend, wenn das Wasser unter der Krone des Fangedammes abfließen kann, wenn es nur über den äußern Wasserstand gehoben ist. Um dieses letztere aber zu erreichen, muß man den Fangedamm durchschneiden und in diesen Einschnitt die Abflußrinne legen. Sollte indessen während der Arbeit des Wasserschöpfens der äußere Wasserstand höher werden, so kann man leicht die Rinne herausnehmen und die Einschnitte durch Brettstücken von der innern Seite wieder schließen; der innere Raum wird dann mit Thon oder Erde wieder ausgefüllt und diese gehörig festgestampft. Da nun das Wasser gemeinhin nur langsam steigt und eine wichtige Baustelle doch nie ohne Aufsicht bleiben kann und bleibt, so findet hierbei durchaus gar keine Gefahr Statt. Wohl aber wird durch das Senken der Abflußrinne der Effect des Wasserschöpfens bedeutend vermehrt, da man nunmehr das Wasser nicht so hoch zu heben braucht, als wenn die Abflußrinne oben auf der Krone des Fangedammes liegt. Beträgt nun auch der Unterschied in der Hubhöhe nur einen Fuß, so ist der Vortheil davon doch schon sehr bemerkbar, wie dies auch sehr leicht daraus hervorgeht, daß der Effect der Schöpfmaschine das Product aus der Wassermenge, die in einer bestimmten Zeit gehoben wird, in die Hubhöhe ist. Gelingt es daher, daß man die Hubhöhe etwa auf die Hälfte reduciren kann, so wird im Allgemeinen dieselbe Maschine oder dieselbe Zahl von Arbeitern noch einmal so viel Wasser in dieser Zeit herausfördern.

Zuweilen hat man auch gleich bei der Anlage des Fangedammes hölzerne Rinnen durch denselben hindurchgezogen, wie dies namentlich von Perronet beim Bau der Brücke zu Neuilly angeordnet wurde. Allein wenn eine solche Rinne sich auch sehr leicht vollkommen wasserdicht herstellen läßt, so ist es doch

immer schwer, ihre Verbindung mit der Füllungserde genügend zu sichern, namentlich wenn zu befürchten ist, daß später ein Setzen der Füllungserde eintreten kann.

Eine andere Methode, die Hubhöhe zu verringern, beruht darauf, daß man das gehobene Wasser in Hebern über den Fangedamm fließen läßt. Hierbei muß dann im Innern der Baugrube in einer entsprechenden Höhe ein großer Kübel oder Kasten eingerichtet werden, in welchen das aus der Baugrube gehobene Wasser zunächst abfließt. Der Heber besteht aus gußeisernen Röhren, doch darf er nicht zu eng sein und sein Querschnitt muß der durchzuführenden Wassermenge entsprechend gewählt werden.

In einzelnen Fällen läßt sich auch der Wasserspiegel in dem Abzugsgraben durch eine angemessene Leitung desselben senken, wodurch es dann auch wieder möglich wird, die Hubhöhe für die Schöpfmaschine zu vermindern. So führt z. B. Eytelwein in seiner practischen Anweisung zur Wasserbaukunst an, daß bei dem Baue einiger Schleusen am Bromberger Canale das Grundwasser mit vielem Vortheile mittelst Graben und Abzugsrinnen in das Unterwasser der folgenden Schleuse abgeleitet worden sei. Ein solches Verfahren kann nun nicht wohl bei Bauten in Flüssen stattfinden, es wäre denn, daß für die Zeit des Baues der Fluß ganz abgeleitet werden könnte.

Das Schöpfen des Wassers geschieht nicht in der Sohle der Baugrube selbst, weil dieselbe alsdann nicht würde frei gemacht werden können, sondern man läßt in der Baugrube besondere Vertiefungen ausheben, in welche die Schöpfmaschinen eingesetzt werden. Diese Vertiefungen bilden die sogenannten Sümpfe, in welchen sich alles Wasser zusammenzieht. Diese Anordnung ist bei allen Schöpfmaschinen und namentlich bei allen Pumpen sehr vortheilhaft, indem in diesem Falle die gröbsten erdigen Theilchen, die sich immer reichlich vorfinden, vorher niedersinken und nicht so leicht in die Maschine treten und den regelmäßigen Gang derselben unterbrechen können. Bei der Anordnung solcher Sümpfe muß man aber immer sehr vorsichtig sein, daß dadurch dem Wasser nicht ein leichter Zutritt eröffnet wird, was namentlich zu befürchten wäre, sobald in geringer Tiefe unter der Sohle der Baugrube besonders poröse Schichten sich vorfinden. In solchen Fällen muß man alsdann den Sumpf in seiner Sohle und an den Seiten herum mit dichten Wänden einfassen, und zwar so, daß er möglichst wasserdicht wird und das Wasser aus der Baugrube nur von oben zufließt.

Sehr mißlich ist es zuweilen, wenn während des Schöpfens in der Baugrube sich starke Quellen bilden. Man hat es zwar dann versucht, diese zu stopfen, doch ist dies im Allgemeinen immer ziemlich erfolglos gewesen, weil die Quelle, sobald sie gestopft ist, alsbald an einer andern Stelle mit eben der Heftigkeit hervortritt, was dann den großen Nachtheil mit sich führt, daß dadurch der Boden sehr aufgelockert wird. Perronet führt bei Gelegenheit der Beschreibung des Baues der Brücke zu Orleans an, daß bei Gründung verschiedener Pfeiler dieser Brücke innerhalb der Fangedämme sich sehr starke Quellen gezeigt hätten. Wir wollen dasjenige hier anführen, was Perronet über die Gründung des einen Stirnpfeilers und des ersten Mittelpfeilers sagt.

Nachdem der Fangedamm vollendet war und man mehrere Tage lang vergeblich Wasser geschöpft hatte und das Wasser innerhalb des Fangedammes nur $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuß unter den Wasserspiegel im Strome gefallen war, vermuthete man zuerst, daß eine Oeffnung im Fangedamme sei. Es wurde daher der Fangedamm an der betreffenden Stelle ausgeleert; sodann wurden zwei Reihen Spundbohlen in Rahmen nach der Breite des Fangedammes eingeschlagen und hierauf der leere Raum dazwischen wieder mit guter Erde ausgefüllt. Es zeigte sich aber dennoch dieselbe Quelle von Neuem und es war nicht möglich, trotzdem daß außer dem Schaufelwerke noch zweiunddreißig Pumpen in Gang gebracht waren, die Baugrube zu leeren. Im Gegentheil zeigte es sich, daß das Einrammen der Spundpfähle nicht nur das Durchdringen des Wassers nicht hinderte, sondern eher eine entgegengesetzte Richtung hervorbrachte. Man wandte daher zur Stopfung der Quelle ein anderes Verfahren an. Dieses bestand darin, daß man den Sand um dieselbe bis auf den festen Boden ausbaggerte und solche in eine Kufe einschloß, um welche in einer Entfernung von $2\frac{1}{2}$ Fuß herum kleine Pfähle und Bohlen dicht an einander eingeschlagen und dieser Raum mit Lehm ausgestampft wurde. Hierauf mußte noch eine zweite Kufe gestellt werden, die genau in die untere paßte; das Wasser der Quelle stieg sodann in derselben beinahe bis zur Höhe des Flusses und stieg und fiel mit demselben, wie in einem Heber. Da diese Quelle auf die beschriebene Weise zum Stehen gebracht war, wurde das Wasser noch um 6 Zoll tiefer als vorher ausgeschöpft, worauf man noch eine zweite Quelle entdeckte. Diese wurde auf ähnliche Weise eingefaßt, wie die erstere; aber dennoch war es nicht möglich, das Wasser vollständig auszuschöpfen. **Perronet** fand bei diesem Bau, daß durch das Eintreiben der Grundpfähle, wodurch sonst gewöhnlich das Erdreich stark comprimirt wird, die Quellen, welche sich in demselben befanden, nicht verstopft wurden, sondern als man das Wasser so tief ausschöpfen wollte, daß die Pfähle unter dem Stirnpfeiler abgeschnitten werden konnten, zeigte es sich, daß an jedem derselben sich eine ziemlich starke Quelle gebildet hatte, was man hauptsächlich dem Umstande zuschrieb, daß durch das Einrammen der Pfähle eine Lage von steinigem Boden durchstoßen war und das Wasser, welches unter dieser Lage vorkam, sich an den Pfählen heraufarbeiten konnte. Bei dem Grundbau dieser Brücke zeigten sich bei jedem Pfeiler eine oder mehrere Quellen. Eine Quelle suchte man dadurch zu stopfen, daß man, nachdem dieselbe in einer Kufe eingeschlossen war, in diese eine große Menge ungelöschten Kalk schüttete, wodurch sie fast ganz gestopft und es möglich wurde, mit dem Grundwerke noch einen Fuß tiefer zu gehen, als beim Stirnpfeiler. Bei einem Grundpfahle, welcher einer Quelle Luft gemacht hatte, versuchte man die Stopfung der Quelle dadurch zu bewirken, daß man rund um den Pfahl einen 15 Linien tiefen Einschnitt in denselben, so nahe als möglich an dem Erdreich, machte. In diesen Einschnitt wurde neue Leinwand, die mit hanfenem Werg und Moos ausgestopft war, um eine Art von Wulst zu bilden, genagelt und darauf der Pfahl tiefer eingeschlagen, welches Mittel aber der Erwartung nicht entsprach und die Quelle keineswegs verstopfte. Bei diesem Baue gelang es übrigens ein anderes Mal durch Einschlagen eines Pfahls in die Quelle dieselbe zu stopfen.

Nachdem nämlich der vorige Pfahl an dieser Stelle durch das aufquellende Wasser gehoben und verrückt war, wurde derselbe ausgezogen und dafür ein anderer Pfahl eingeschlagen, der die Quelle verstopfte; aber als dieser Pfahl aufgepfropft wurde, um ihn zum Stehen zu bringen, so zeigte sich die Quelle von Neuem und zwar noch eben so stark wie vorher. Bei diesen Grundarbeiten wurde bei einzelnen Pfeilern die Baustelle mehrfach durch kleinere Fangedämme getheilt, weil sonst das Wasser nicht hätte gewältigt werden können und es mußten die äußersten Kräfte angespannt werden, um die Grundarbeiten zu fördern und zu vollenden.

Sobald sich Quellen innerhalb eines Fangedammes zeigen, kommt es vorzugsweise auf die Beschaffenheit des Grundes an, ob das eine oder andere Mittel zur Stopfung der Quelle mit Erfolg anzuwenden ist. Ist der Boden sandig oder kiesig, so wird durch die Schließung der Quelle, aus welcher bisher das Wasser aufstieg, der vermehrte Druck im Innern sogleich zur Entstehung einer neuen Quelle Veranlassung geben. Ist dagegen der Boden thonhaltig und hatte sich darin vielleicht eine geschlossene Wasserader gebildet, so kann man häufig durch Schließung der Mündung die Quelle vollständig stopfen. Das einfachste und gewöhnlichste Mittel ist dann, daß man in die Oeffnung einen Pfahl einrammt. Man versucht es auch wohl, die Oeffnung, nachdem man sie vorher durch Baggern noch etwas erweitert, mit recht trocknen Thonmassen, die man möglichst feststampft, zu verstopfen; oder man wendet auch zu demselben Zwecke den Béton an. Diese beiden letzteren Mittel können jedoch nur dann mit einigem Erfolge angewendet werden, wenn man vorher die Schöpfmaschinen außer Thätigkeit gesetzt hat, damit die Baugrube mit Wasser angefüllt und sonach die Strömung der Quelle unterbrochen wird. Wollte man dieses unterlassen, so würde der Thon, so wie auch der Béton sich schwerlich in der Art hineinbringen lassen, daß man dadurch die gehörige Füllung der Oeffnung bewirkte, sondern es würden durch die fortwährende Strömung der Quelle die eingebrachten Massen zu sehr angegriffen und die gelösten Theilchen wieder herausgetrieben werden.

Wie schon oben angeführt wurde, hat Perronet die einzelnen Quellen mehrfach durch besondere Fangedämme oder auch in Kufen einschließen lassen. Dieses Mittel ist jedenfalls das passendste; nur muß man, damit das Wasser, sobald es in diesem eingeschlossenen Raume bis zur vollen Druckhöhe angestiegen ist, nicht wieder auf die Bildung einer neuen Quelle hinwirken kann, dasselbe möglichst abzuleiten suchen, wodurch die Bildung einer zweiten Quelle weniger wahrscheinlich wird. Es würde daher sehr zweckmäßig sein, mit dem übrigen innern Raume des Fangedammes auch gleichzeitig die eingedeichte Quelle auszuschöpfen.

Ein sehr sicheres Mittel zur Stopfung der aus dem Grunde hervorbrechenden Quellen, bietet der Béton dar, wenn man ihn über die ganze Sohle der Baugrube in gehöriger Stärke ausbreitet. Uebrigens läßt sich der Béton auch noch mit Vortheil anwenden, um die starken Quellen zu stopfen, die zuweilen durch das Einrammen von Rostpfählen eröffnet worden sind, wo man aber dann vorher das lose Erdreich zwischen den Pfählen ausbaggert. Bevor aber die

Ausfüllung unternommen werden kann, müssen die Pfähle vollständig ihren festen Stand erreicht haben und es ist ferner eine Hauptbedingung hierbei, daß man der Betonlage eine hinreichende Zeit zum Erhärten läßt, bevor die Schöpfmaschinen wieder in Thätigkeit gesetzt werden und man die Betonschicht dem Wasserdruck aussetzt. Dies ist um so mehr erforderlich, weil so lange der Béton noch weich ist, er dem Wasserdruck keinen genügenden Widerstand leistet und so das Wasser leicht Gelegenheit findet, hindurch zu dringen, was aber dann zur Folge hat, daß die Kalktheilchen herausgespühlt werden und so der Béton an den einzelnen Stellen seine ganze Festigkeit verliert, wodurch der beabsichtigte Zweck ganz verfehlt wird.

§. 49. Von den Schöpfmaschinen.

Die Schöpfmaschinen, deren man sich zur Trockenlegung der Baugrube bedient, sind sehr mannigfaltig, und sie alle hier näher zu beschreiben würde die Grenzen dieses Werkes zu sehr überschreiten. Außerdem giebt es aber auch keine sehr geringe Anzahl unter den vielen Erfindungen, die gemacht worden sind, diesen Zweck zu erreichen, deren Gebrauch sich so wenig vortheilhaft herausstellte, daß sie bald wieder in Vergessenheit kamen. Da es aber im Allgemeinen beim Wasserschöpfen hauptsächlich darauf ankommt, Zeit zu ersparen, so haben solche Wasserhebungsmaschinen, die möglichst einfach sind, sich leicht von einem Orte zum andern bringen lassen, wenig Raum einnehmen, deren Beschädigung leicht wieder hergestellt werden kann und die endlich das Wasser in der erforderlichen Menge und Geschwindigkeit durch einen möglichst geringen Kostenaufwand fördern, den Vorzug vor den zusammengesetzten Maschinen, bei denen man zwar an Kraft gewinnt, aber auch diesen Kraftgewinn wieder an Zeit verliert.

In den meisten Fällen werden die Schöpfmaschinen durch Menschen in Bewegung gesetzt und dies findet namentlich Statt, wenn sie nicht lange Zeit hindurch in Thätigkeit erhalten werden, oder wenn die Wassermenge, welche zu heben ist, nur unbedeutend bleibt. In einigen Fällen bedient man sich indessen auch der Pferdekraft; befindet sich nahe an der Baustelle ein fließendes Wasser, so hat man auch wohl ein ober- oder unterschlächtiges Wasserrad angeordnet, durch welches die Maschine in Bewegung gesetzt wurde. Seltener aber hat man auch die Dampfkraft zum Betrieb der Schöpfmaschinen in Anwendung gebracht. Allein die Menschenkraft hat vor allen übrigen Betriebskräften den großen Vorzug, daß sie sich unmittelbar zur Erreichung des beabsichtigten Zweckes benutzen läßt und daher nicht so complicirte Maschinen erfordert, als dies sonst nothwendig sein würde. Eben so wird auch eine Arbeit durch Menschen nicht nur sehr beschleunigt, sondern sie kann auch sogleich an jeder Stelle und in den kleinsten Winkeln der Baugrube vorgenommen werden, wo hingegen die Anbringung der Maschinen häufig mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist. Doch hierüber, so wie über andere Betriebskräfte, als Thierkraft und Dampfkraft, wird weiter unten noch das Nähere angeführt werden.

§. 50. Vom Schöpfen des Wassers in Handeimern.

Die Methode, das Wasser mit Handeimern auf eine gewisse Höhe zu fördern und dann auszugießen, ist sicher eins der ältesten Verfahren und kommt auch jetzt noch sehr häufig vor, indem dasselbe vorzugsweise sich dadurch empfiehlt, daß fast gar keine besondere Einrichtung dabei erforderlich ist und die Arbeiter diese Verrichtung sogleich ohne alle Uebung ausführen können. So einfach nun auch dieses Verfahren ist, so sind doch, wenn der Effect nicht zu ungünstig ausfallen soll, hierbei manche Umstände zu berücksichtigen. Hierher gehört namentlich, daß die Arbeiter nicht über, sondern in dem Wasser stehen, denn stehen sie nicht im Wasser, so müssen sie sich jedesmal zu tief bücken und ihren Körper von Neuem heben, was aber immer mit Anstrengung verbunden ist und den Arbeiter früher ermüdet. Steht der Arbeiter dagegen bis an die Knie im Wasser, so kann er schon in aufrechter Stellung den Eimer füllen und bequem 3 bis 4 Fuß hoch heben. Eine größere Hubhöhe wird zu ermüdend, wenngleich sie für eine kurze Zeitdauer noch bis zu 5 Fuß möchte ausgedehnt werden können. Wenn man daher eine größere Hubhöhe hat und das Ausschöpfen längere Zeit währt, so muß man schon zwei Reihen von Arbeitern über einander anstellen, die alsdann das Wasser 8 bis höchstens 9 Fuß heben können. In diesem Falle ist es aber nicht passend, daß die unten stehenden Arbeiter die Eimer in einen Behälter ausgießen und die oben stehenden dann aufs Neue wieder schöpfen müssen, indem hierdurch viele Zeit verloren geht; sondern es werden die Eimer gefüllt auf die Rüstung gestellt und von hier weiter gehoben. Diese Eimer darf man ferner nicht aus schweren Materialien anfertigen lassen, weil ihr Aufheben selbst sonst schon einen nicht unbedeutenden Kraftaufwand erfordern würde; dieselben müssen aber dennoch so stark sein, daß sie bei einem starken Aufsetzen oder Gegenstoßen nicht leicht zerbrechen. Es eignen sich daher sehr gut die ledernen Feuereimer zum Ausschöpfen, indem sie Festigkeit mit Leichtigkeit in sich vereinigen. Was nun die nöthige Anzahl der Eimer betrifft, so muß diese jedesmal so groß sein, als die der Arbeiter, auch wenn sie in zwei Reihen über einander stehen; die obere Reihe der Arbeiter giebt alsdann immer die leeren Eimer gegen die vollen zurück.

Nach den gewöhnlichen Annahmen kann der Arbeiter den Eimer in der Minute 15 Mal heben, wobei der Eimer circa $\frac{1}{3}$ Cubikfuß Wasser faßt, was in einer Minute 5 Cubikfuß beträgt. Nach **Röder's** Erfahrungen kann jedoch ein Mann auf 3 Fuß Höhe in einer Minute nur 4 Cubikfuß Wasser fördern, also in der Stunde nur 240 Cubikfuß; eben so fand derselbe, daß bei einer doppelten Reihe Arbeiter, die das Wasser auf einer Höhe von 7 bis 8 Fuß ausgießen, von jedem einzelnen kaum die Hälfte gefördert werden kann, was sich auch sehr leicht aus nachstehender Formel ergiebt.

Der Effect des Wasserschöpfens läßt sich sehr leicht finden, indem man die Wassermenge, welche in jeder Minute gehoben wird, mit der Hubhöhe multiplicirt. Bezeichnet daher M die Wassermenge, die in einer Minute gehoben wird, H die Hubhöhe und n die Anzahl der Arbeiter, so hat man im Allgemeinen:

nach Eytelwein MH = 15n, dagegen
nach Röder . MH = 12n.

Hierbei muß man indessen auf vielfache Pausen rechnen und darf daher keineswegs bestimmt annehmen, daß ein Arbeiter am Tage wirklich 8 Stunden hindurch diese Leistung fortzusetzen im Stande ist. Namentlich würde dies eintreten bei kalter Witterung, wo die Arbeiter es nur sehr kurze Zeit aushalten können im Wasser zu stehen und wo daher eine sehr häufige Ablösung stattfinden muß, womit aber immer sehr viel Zeitverlust verknüpft ist.

Aus dem Obigen geht nun hervor, daß es bei einer größeren Hubhöhe durchaus nicht vortheilhaft ist, das Ausschöpfen mit Handeimern zu bewerkstelligen, indem, sobald eine doppelte Reihe Arbeiter angestellt werden muß, jeder Arbeiter nicht mehr als die Hälfte von dem fördert, was ein einzelner Arbeiter bei einer Hubhöhe von 3 bis 4 Fuß ausschöpfen würde, und man thut daher wohl, im Falle einer größern Hubhöhe sich einfacher Maschinen zu bedienen, wovon unten mehr die Rede ist. Nur in dem Falle würde aber das Ausschöpfen mit Handeimern den Vorzug verdienen, wenn die Wassermenge nicht bedeutend ist und das Schöpfen nicht längere Zeit fortgesetzt werden muß.

§. 51. Die Wurfschaufel und die Schwungschaufel.

Die Wurfschaufeln unterscheidet man von den Schwungschaufeln dadurch, daß man unter der ersteren Benennung solche versteht, die ohne weitere Befestigung nur aus freier Hand geführt werden; unter Schwungschaufeln dagegen versteht man diejenigen, welche an einem leichten Bockgestelle hängen.

Die Wurfschaufeln, welche gewöhnlich von Holz und mit einem 3 bis 4 Fuß langen Stiele versehen sind, haben die Form einer gewöhnlichen Kornschaufel, nur daß sie mit höheren Seitenrändern versehen werden. Diese Wurfschaufeln kommen indessen auf der Baustelle sehr selten vor, weil ihre Anwendung nicht allein sehr anstrengend ist, sondern auch eine gewisse Uebung erfordert. Die Wurfschaufel hat den großen Vorzug, daß durch sie das Wasser sehr vollständig aus der Baugrube entfernt werden kann. Nach Wiebeking kann ein geübter und fleißiger Arbeiter, über einen 3 Fuß hohen Damm in einer Minute 6 bis 7 Cubikfuß Wasser werfen. Diese Angabe ist jedoch mit Vorsicht aufzunehmen, weil einmal die Arbeit wegen der großen Anstrengung nur kurze Zeit mit Unterbrechung von Pausen währen kann und ferner, weil bei einer geringen Ungleichmäßigkeit des Schwunges, was nicht selten vorkommt, das Wasser die Abflußrinne nicht erreicht, sondern in die Baugrube zurückfällt.

Die Schwungschaufel findet häufige Anwendung beim Wasserbau, jedoch zur Trockenlegung einer Baustelle selten; denn erstlich bedarf sie eines sehr großen Raumes und ferner läßt sich das Wasser mit einer solchen Schaufel auch nicht höher werfen als höchstens 5 Fuß, wobei aber dann die Arbeiter sich schon sehr anstrengen müssen. Eine solche Schaufel, die man auch Oesemühle nennt, erhält eine Länge von circa 24 bis 26 Zoll, eine Höhe von 8 Zoll und eine Breite von 15 bis 16 Zoll; dieselbe wird mit einem 10 bis 12 Fuß langen Stiele versehen und mit Seilen an drei am oberen

Ende zusammengebundene Stangen aufgehängt, jedoch so, daß sie im Gleichgewicht hängt. Fig. 110 zeigt eine solche Schaufel. Zwei Arbeiter ziehen die Schaufel an Stricken mit einem heftigen Stoß durch das Wasser; ein dritter Arbeiter führt und richtet den Stiel. Nach Eytelwein können drei Arbeiter in einer Minute 20 Cubikfuß über einen $3\frac{1}{2}$ Fuß hohen Damm werfen, was in der Stunde auf jeden Arbeiter 400 Cubikfuß giebt.

In Fig. 108 ist eine Schwungschaufel dargestellt, welche beim Schleusenbau an der Ems angewendet worden ist. Der Schaufel ist hier eine feste Stellung gegeben, wodurch ihr Gebrauch viel sicherer wird. An den Enden des horizontalen Balkens, woran der Stiel der Schaufel rechtwinkelig befestigt ist, sind starke Leinen befestigt, woran die Arbeiter in ähnlicher Art wie an den Zugleinen einer Ramme ziehen. Die Maschine wurde durch 4 bis 6 Arbeiter bewegt und es erfolgten in der Minute 10 bis 12 Stöße. Bei jedem Stoße wurden, wenn das Wasser in der Rinne oder der Baugrube recht hoch stand, bei einer Hubhöhe von circa $3\frac{1}{2}$ Fuß bis 7 Cubikfuß herausgeworfen. Die eigentliche Schaufel, welche in Fig. 109 a und b in der Ansicht von vorn und im Durchschnitt dargestellt ist, bestand aus einem eisernen Rahmen von etwa 2 Fuß Höhe und $1\frac{1}{2}$ Fuß Breite, der mit drei hölzernen Klappen geschlossen wurde, die sich um horizontale Achsen drehten und sich gegenseitig überdeckten. Die Schaufel selbst oder der Rahmen schwang in einer Rinne, die eine solche Weite hatte, daß ringsum ein Spielraum von circa 1 Zoll stattfand. Die Klappen in dem Rahmen öffneten sich, sobald die Schaufel rückwärts bewegt wurde; sobald aber die Schaufel sich vorwärts bewegte, so schlossen sich die Klappen und sperrten sonach die Rinne, worin die Schaufel schwang.

§. 52. Das Wurfrad.

Zu den Maschinen, welche das Wasser durch einen heftigen Stoß in Bewegung setzen und in die Höhe werfen, gehört auch noch das Wurfrad. Wenngleich dasselbe fast nie zur Trockenlegung der Baustelle benutzt wird, dagegen bei Entwässerung eingedeichter Niederungen vielfache Anwendung findet, so darf dasselbe hier dennoch nicht übergangen werden, indem doch einzelne Fälle vorkommen können, wo man von demselben bei Trockenlegung der Baustelle mit Vortheil Gebrauch machen kann. Unter anderem hat Régemortes beim Bau der Brücke zu Moulins über den Allier das Wurfrad zur Trockenlegung der Baustelle benutzt und zwar aus dem Grunde, weil er auf dem bereits versenkten Dielenboden, der den Grundfangedamm bildete (s. f. §. 47) keinen Sumpf darstellen konnte und daher alle anderen Schöpfmaschinen einen so hohen Wasserstand zurückließen, daß die Mauerarbeit nicht mit der gehörigen Sicherheit auszuführen war. Mit dem Wurfrade dagegen wurde das Wasser so vollständig entfernt, daß das Versetzen der Steine beinahe im Trocknen vorgenommen werden konnte.

In Fig. 119, Taf. 11, ist ein solches Wurfrad dargestellt. Dasselbe ist wie ein Strauberrad gebaut und erhält eine Höhe von 15 bis 20 Fuß. Es hat vier Kreuzarme c, c, die unter einander verbunden und an die Welle d

befestigt sind und zugleich als Schaufeln dienen; außerdem hat es aber noch 20 andere Schaufelbretter, welche in schiefer Richtung gegen den Mittelpunkt gestellt und an den Schwertbändern a befestigt sind. Diese Schaufelbretter erhalten deshalb eine etwas schiefe Richtung, damit das Wasser leichter an ihnen abfließen kann. Ferner ist noch ein doppelter Radkranz b angeordnet, woran die Schaufelbretter befestigt sind und dieselben in ihrer Stellung erhalten werden. Zu diesem Wurfrade gehört ein hölzernes oder ausgemauertes Gerinne, welches eine solche Weite erhält, daß die Schaufeln ringsum noch einen Spielraum von circa 1 Zoll haben. Die Breite der Schaufeln ist $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß. Diese Wurfräder heben aber das Wasser nur auf eine Höhe von 3 bis höchstens 5 Fuß.

Werden diese Wurfräder zur Entwässerung von Niederungen benutzt, so werden sie mit dem Getriebe einer einfachen Windmühle in Verbindung gesetzt; sonst aber bringt man ein Getriebe mit einem Vorgelege an die Welle an und es wird dann das Rad durch Menschen vermittelst Kurbeln in Bewegung gesetzt.

Jedenfalls sind aber diese Maschinen, welche das Wasser durch einen heftigen Stoß in Bewegung setzen, so groß ihr Effect auch in manchen Fällen gewesen sein mag, nicht in dem Grade anwendbar, daß man sich ihrer häufig zur Trockenlegung der Baugrube bedient, und zwar schon aus den Gründen nicht, weil sie einmal viel Raum erfordern und ferner das Wasser nur bis zu einer Höhe von höchstens 5 Fuß heben.

§. 53. Der Wipptrog.

Der Wipptrog kann entweder einfach oder doppelt sein. Fig. 115 stellt einen doppelten Wipptrog in der Seitenansicht vor, wie man ihn beim Bau der Brücke zu Orleans anwendete. Fig. 115 A zeigt eine Ansicht von oben und B ist ein Durchschnitt desselben. Der Wipptrog besteht aus einer Rinne von circa 32 Fuß Länge, 1 Fuß Breite und 1 Fuß Höhe, deren beide Enden aufwärts gebogen sind. In der Mitte ist dieselbe um eine horizontale Achse drehbar. Diese Rinne wird abwechselnd auf einer und der andern Seite ins Wasser hinabgedrückt, wobei sich dann die beiden im Boden derselben befindlichen Ventile öffnen und der innere Raum sich mit Wasser anfüllt. Wird diese Rinne alsdann in die entgegengesetzte Stellung gebracht, wobei das Wasser nun auf der andern Seite einfließt, so strömt die erste Wassermasse nach der Mitte der Rinne zu, wo dieselbe aber gegen eine feste Zwischenwand stößt und so an einer ferneren Bewegung gehindert und gezwungen wird, aus der in der Seitenwand befindlichen Oeffnung auszufließen. Ueber den Effect dieses Wipptroges führt Perronet an, daß an jeder Seite 10 Mann angestellt waren, die mittelst Seilen wie an einer Ramme zogen. In einer Viertelstunde machten sie 150 Stöße und hoben durchschnittlich jedesmal 4 Cubikfuß Wasser 3 Fuß hoch. Die Anstrengung hierbei war nicht bedeutend, indem, um nach jedem Stoße ein vollständiges Abfließen des Wassers zu erzielen, eine so langsame Bewegung nothwendig war. Perronet erwähnt aber ferner, daß diese Maschine sehr viel Raum einnahm und durch das Aufstoßen auch das Wasser einen heftigen

Wellenschlag hervorbrachte, wodurch das frische Mauerwerk beschädigt wurde. Wegen dieser Uebelstände und wegen des geringen Effectes wurde die Benutzung dieser Maschine bei dem erwähnten Brückenbau auch sehr bald eingestellt und dafür das Schöpfen mit Handeimern gewählt.

§. 54. Von den Kastenwerken oder Norien.

Schon oben haben wir das Schöpfen und Heben des Wassers in Handeimern näher beschrieben und dabei gleichzeitig nachgewiesen, wie wenig vortheilhaft es sei, das Wasser auf diese Weise auf eine bedeutende Höhe heben zu wollen, indem dabei nicht allein Kraftverlust, sondern auch sehr bedeutender Zeitverlust stattfindet. Um aber dennoch das Schöpfen mit Eimern oder Kasten anzuwenden und dabei das Wasser auf eine bedeutende Höhe zu heben, hat man verschiedene Anordnungen getroffen. Die wichtigste ist jedoch die, wobei an einer Kette ohne Ende eine ganze Reihe von Eimern befestigt ist, die bei der umgehenden Bewegung der Kette abwechselnd unter Wasser treten, sich daselbst anfüllen, hierauf ansteigen und über eine obere Trommel gehen, woselbst sie sich bei der veränderten in eine horizontale Richtung übergehenden Stellung gänzlich entleeren, oder auch durch irgend eine Anordnung schon früher umgekippt werden und dadurch ihren Inhalt ausgießen. Dieses sind die sogenannten Kastenwerke oder Norien. Bei einer passenden Einrichtung geben dieselben, namentlich für größere Hubhöhen, sehr günstige Resultate; sie heben in dicht verschlossenen Kasten und auf dem kürzesten Wege das Wasser auf die erforderliche Höhe und da die Reibung sich bei ihnen allein auf diejenige beschränkt, welche an den wenigen Achsen und an der Kette selbst stattfindet, so ist hier ein großer Kraftverlust nicht zu erwarten. Nichts desto weniger treten hierbei aber dennoch manche nicht unerhebliche Uebelstände ein, die sich besonders darauf beziehen, daß einmal das Wasser beim Entleeren der Kasten nicht vollständig aufgefangen wird und häufig ein großer Theil desselben wieder in die Baugrube zurückstürzt und ferner, daß das Wasser auf eine größere Höhe gehoben werden muß, als es aufgefangen wird. Endlich ist hierbei noch zu bemerken, daß diese Maschinen immer eine langsame Bewegung erfordern, weil sie sonst weder leicht das Wasser gehörig schöpfen, noch an der bestimmten Stelle es ausgießen würden.

In den Figuren 111, 112 und 113, Taf. 10, sind mehrere Norien oder Kastenwerke dargestellt.

Fig. 111 zeigt eine Norie, die aus einem Rade besteht, wo an der einen Seite aus der Radfläche Stöcke hervortreten, welche die Kette fassen. Die Einrichtung der Kette ist hierbei der Art, daß durch jeden Kasten zwei eiserne Achsen hindurchgreifen und diese mit den Achsen der nächsten Kasten durch Kettenglieder verbunden sind. Sind dagegen die Kasten zu schwach, daß sie also nicht die gehörige Festigkeit haben, um diese beiden Achsen zu halten, so greifen noch zwei andere Kettenglieder über die Achsen zur Seite der Kasten über. Der Trog, welcher das ausgegossene Wasser auffängt, darf, wenn dies vollständig geschehen soll, nicht viel über der Achse des Rades liegen, und es ist

daher nothwendig, daß die Welle an dieser Seite des Rades nicht vorsteht; sie muß vielmehr auf der andern Seite ihre beiden Lager haben. Fig. 111 A zeigt die Seitenansicht dieser Maschine.

In Fig. 112 ist eine andere Anordnung einer solchen Maschine dargestellt. Hier wird das Wasser unmittelbar über der Achse aufgefangen. Es werden hier nämlich die beiden Ketten, zwischen welchen die Eimer befestigt sind, über zwei gußeiserne Scheiben geführt, von denen jede sechs Arme hat, womit die Ketten gefaßt und fortgeführt werden. Die Zwischenräume zwischen je zwei Armen sind mit Blech ausgefüttert, so daß sich abgeschlossene Tröge bilden. Dieselben erhalten nach der einen Seite hin eine sehr starke Neigung, nach welcher Richtung hin dann das ausgegossene Wasser in einen besondern Trog abfließt und fortgeführt wird. Eine künstlichere Einrichtung ist die, daß man die Achse der beiden Scheiben hohl macht und das Wasser aus den Zwischentrögen in dieselbe hineinfließen läßt, indem im Boden eines jeden Troges ein oder mehrere Ventile eingerichtet sind, die sich nach innen öffnen; hierbei kann dann das Wasser aus den oberen Trögen durch das geöffnete Ventil in die Achse hineinfließen, während die Ventile an der unteren Seite der Welle alle geschlossen sind und ein Ausfließen des Wassers verhindern. Eine solche Einrichtung kann jedoch nur dann zweckentsprechend sein, wenn das geschöpfte Wasser immer rein ist; sobald aber kleine Steine oder Sand mit heraufgefördert werden, kann es schon sehr leicht vorkommen, daß die unteren Ventile sich nicht mehr vollständig schließen und somit ein Theil des Wassers dann wieder hinabstürzt.

Eine sehr zweckmäßige Einrichtung hat die in Fig. 113 dargestellte Norie, welche von Gateau herrührt und in Frankreich vielfach mit Vortheil benutzt ist. Die Kasten, welche 1 Fuß hoch, 6 Zoll breit und 9 Zoll lang sind, haben zwei Oeffnungen; die eine, welche gar nicht geschlossen werden kann, befindet sich oben zur Seite neben dem schrägen Boden, die andere dagegen, welche nur klein ist, befindet sich im untern Boden des Kastens und wird mit einem Klappenventil geschlossen. Durch die obere Oeffnung wird der Kasten gefüllt oder entleert. Die untere Oeffnung dient dazu, daß — sobald der Kasten über die Trommel weg ist und das Ventil sich von selbst vermöge seines Gewichts geöffnet hat — die im Kasten vorhandene Luft entweichen und derselbe sich vollständig mit Wasser füllen kann, in Folge dessen das Ventil sich wieder schließt. Um das Wasser, welches über den geneigten Boden des Kastens ausfließt, vollständig auffangen zu können, befindet sich unmittelbar neben und zwar etwas unter der oberen Trommel noch eine zweite, welche die Kette nebst den Kasten bis unter die Achse der ersten Trommel zurückführt, wodurch es möglich wird, die Rinne hinreichend weit unter die Kette zu schieben, ohne dadurch der Bewegung der Kette und der Kasten hinderlich zu werden. Ferner ist unten noch eine dritte Trommel angebracht, deren Achse aber nicht mit dem festen Rahmen verbunden ist, sondern es liegt dieselbe frei auf der Kette und dient dazu, die auf- und abwärts gehenden Kasten in der gehörigen Stellung von einander entfernt zu halten. Ueber die Leistung dieser Maschine, so wie über die dazu erforderliche Betriebskraft hat Emmery mehrfache Beobachtungen

angestellt und es hat sich daraus ergeben, daß der Effect um so größer wird, je höher man mittelst dieser Maschine das Wasser hebt.

§. 55. Von den Schöpfrädern.

Die Schöpfräder sind solche, welche das Wasser an ihrer Peripherie schöpfen und das geschöpfte Wasser entweder an ihrer Achse oder an der Peripherie und zwar in diesem letztern Falle oben wieder ausschütten.

Die ersteren nennt man Trommel-, Zellen- oder Schneckenräder. Dieselben fördern das Wasser, wie auch schon oben angeführt, nur bis zu einer dem Radius des Rades gleichen Höhe. Die letzteren dagegen, welche allgemein mit dem Namen „Schöpfräder" bezeichnet werden, sind meistentheils an ihrem äußeren Umfange mit hängenden Eimern oder festen Kasten versehen, die das Wasser sonach bis zu einer Höhe heben, die beinahe dem Durchmesser des Rades gleich ist.

Die Schöpfräder werden entweder durch Menschen oder Thiere in Bewegung gesetzt, oder es wird dazu auch die Wasserkraft benutzt, indem man das Schöpfrad mit einem unterschlächtigen Wasserrade in Verbindung setzt. Im Folgenden sollen nun die vorzüglichsten Schöpfräder näher beschrieben werden.

Wir wollen hier zunächst das Schneckenrad erwähnen, welches auch unter dem Namen Tympanum bekannt ist. In Frankreich heißen diese Räder roues à tympans. In Fig. 117 ist ein solches Rad im Durchschnitt und in Fig 117 A in der Ansicht von vorn dargestellt. Dasselbe ist in eine große Anzahl schneckenförmig gewundener Canäle getheilt, deren Einflußöffnungen sich in der Stirn des Rades befinden. Um den hohlen und unbeweglichen Theil der Welle, wodurch ein Zapfen geht, bewegt sich die Trommel mit ihren gewundenen Canälen. Bei eintretender Drehung fließt das Wasser in den Canälen nach der Achse hin und ergießt sich da in den Mantel, welcher die Welle umgiebt, wie in Fig. 117 A dargestellt ist. Aus diesem Mantel fließt es dann in die Abzugsrinne. Nach de la Faye muß die Curve der Scheidewände die Evolute des Kreises sein und es ist hierbei der Erzeugungskreis der Querschnitt der Ausflußröhre, welche die Welle des Rades umgiebt.

Diese Maschine besteht, wenn sie durch das Gewicht der Menschen oder Thiere mittelst Auftreten oder Niederdrücken in Bewegung gesetzt wird, aus zwei Rädern und zwar aus dem Haupt- oder Schneckenrade und aus dem Rade, wodurch die Bewegung dem Hauptrade mitgetheilt wird. Wird diese Bewegung nun durch Niederdrücken des Rades hervorgebracht, so sind zu beiden Seiten des Hauptrades Handhaben angeordnet, woran die Arbeiter fassen und dasselbe niederdrücken. Wird dasselbe aber mittelst Auftreten in Bewegung gesetzt, so ist das erforderliche Tretrad unmittelbar an die Maschine befestigt.

Beim Bau der Brücke zu Orleans wurde ebenfalls ein solches Schneckenrad benutzt. Dasselbe war 18 Fuß hoch und $1\frac{1}{2}$ Fuß im Lichten breit; es wurde sehr einfach dadurch in Bewegung gesetzt, daß an jeder Seite des Schneckenrades ein Laufrad angebracht war, worin die Arbeiter gingen. Die Wirkung des Rades stellte sich hier nach Perronet am vortheilhaftesten heraus,

wenn dasselbe 6 bis 9 Zoll Wasser schöpfte; seine Leistung übertraf dann die von allen übrigen Maschinen, die durch eine gleiche Anzahl Arbeiter bewegt wurden. Perronet bemerkt aber noch ferner, daß es im Allgemeinen vortheilhaft sein würde, sich des Schöpfrades zu bedienen, wenn das Wasser nur 8 Fuß gehoben werden müsse, da die Reibung hierbei sehr gering sei; allein auf der andern Seite sei es auch sehr schwer, diese Maschine aufzustellen und von einem Orte zum andern zu schaffen, da ihr Gewicht 7000 bis 8000 Pfund betrüge; außerdem nehme sie auch viel Raum hin und könne nicht mit Leichtigkeit gehoben und gesenkt werden, was nothwendig der Fall sein muß, um den Effect derselben bei verändertem Wasserstande im Fangedamme zu vergrößern. Dieser Unbequemlichkeiten wegen wurde das Schöpfrad beim Bau der Brücke zu Orleans auch nicht weiter gebraucht.

Die zweite Art von Schöpfrädern (roues à godets) ist die mit beweglichen, hängenden Eimern. Es sind hierbei die Eimer an eiserne Stangen befestigt, die sich um gewisse, in dem Radkranze befindliche Achsen drehen, wobei die Füllung und namentlich auch die Entleerung sehr erleichtert wird.

In Fig. 114 ist ein solches Schöpfrad dargestellt. Die Eimer, die an eisernen Stangen befestigt sind und sich jedesmal um eine im Radkranze befindliche feste Achse drehen, werden jeder mit einem eisernen Bügel versehen, womit der Eimer gegen den Rand des Troges streift, bei der Fortbewegung sich gänzlich überneigt und in denselben sich entleert. Die Anordnung dieses Rades bedarf hier keiner weitern Erklärung, es geht dieselbe zur Genüge aus der Figur hervor. Nur soll hier noch bemerkt werden, daß es in manchen Fällen beim Gebrauch dieses Rades sehr vortheilhaft ist, an beiden Seiten des Rades solche Eimer anzubringen, zumal wenn die Wassermenge, welche auszuschöpfen ist, so bedeutend ist, daß sie durch eine einfache Maschine nicht gewältigt werden kann; denn durch eine solche Anordnung werden erstlich bedeutende Kosten gespart, indem nur ein Rad nöthig ist, ferner aber ist auch der erforderliche Raum nicht so groß, welcher für die Aufstellung der Maschine gebraucht wird, welches letztere nicht selten sehr der Berücksichtigung bedarf.

Eine noch andere Art von Schöpfrädern oder die roues à augets sind solche, die an ihrer Peripherie mit festen Schöpfkasten versehen sind. In Fig. 116 ist ein solches Schöpfrad in der Seitenansicht und in Fig. 116 A in der Ansicht von vorn dargestellt. Die Kasten sind hier in der Peripherie des Rades angebracht. Die Oeffnung derselben befindet sich jedesmal an demjenigen Theile des Kastens, der beim Ansteigen desselben nach oben gekehrt ist. Ferner tritt auch die Ausgußrinne vor der Seitenfläche des Rades noch etwas vor, wie in Fig. 116 A angedeutet ist. Perronet benutzte beim Bau der Brücke zu Neuilly zur Trockenlegung der Baugrube ein solches Rad von 16½ Fuß Höhe und 4½ Fuß Breite; das Wasser wurde damit 9 Fuß hoch gehoben und die Bewegung ging von einem Wasserrade aus, das in der Seine hing und mittelst zweier Räder und Getriebe dieses drehte. Die Geschwindigkeit des Wasserrades war der des Schöpfrades gleich.

Auch in neuerer Zeit hat man dieses Rad zu demselben Zwecke benutzt und namentlich beim Bau des Hafens am neuen Salzmagazin in Berlin. In

den Figuren 118, 118 A, B und C ist dieses Rad in verschiedenen Ansichten und im Grundriß näher dargestellt.

Die Maschine ruht hier auf den beiden Riegeln a, a, die zwischen den Pfählen b, b nach dem jedesmaligen Wasserstande gehoben oder gesenkt werden können und mittelst durchgesteckter Bolzen in ihrer Lage gehalten werden. Auf diesen Riegeln liegen die Balken c, c, worauf der Fußboden liegt; eben so liegen auch auf diesen Riegeln die beiden Balken d, d, welche die Zapfenlager des Schöpfrades e tragen. Diese Balken sind auf die erwähnten Riegel verkämmt, um ein Verschieben zu verhindern und überhaupt eine größere Festigkeit des Gerüstes hervorzubringen. Das Schöpfrad wird durch zwei Kurbeln f und g in Bewegung gesetzt. Auf der Kurbelwelle, deren Zapfenlager auf einem aus Kreuzholz fest verbundenen Bocke befestigt sind, steckt ein kleines Getriebe und das Schwungrad h. Das kleine Getriebe greift in ein größeres Stirnrad, welches auf der Welle des Schöpfrades befestigt ist und wodurch dieses in Bewegung gesetzt wird.

Das Schöpfrad hatte in seinen äußeren Durchmessern 11 Fuß 8 Zoll und 12 Fuß und bestand aus zwei Kränzen von $2\frac{1}{2}$ Zoll Stärke und 9 Zoll Höhe, die bei 12 Zoll lichter Entfernung von einander sowohl auf der Stirn als im Innern durch einen sogenannten Mantel von $1\frac{1}{8}$ Zoll starken Brettern verbunden waren. Der auf diese Weise gebildete hohle Raum des Rades war durch 1 Zoll starke, zwischen den beiden Kränzen normal stehende, jedoch mit dem Halbmesser des Rades einen Winkel von 45 Grad bildende Brettstücke in 24 gleich große Zellen abgetheilt. Jede der 24 Zellen war in dem vorderen Kranze mit einer 4 Zoll breiten und $5\frac{1}{2}$ Zoll hohen Oeffnung versehen.

Bei vollem Wasser, d. h. wenn das Rad so weit, als es in den Figuren angedeutet ist, ins Wasser ging, wurde die Kurbel 27 bis 30mal in einer Minute herumgedreht, in welcher selben Zeit dann das Schöpfrad $2\frac{1}{2}$ Umgänge machte; hiernach erhielt das Rad in seiner Peripherie eine Geschwindigkeit von $1\frac{1}{3}$ Fuß in der Secunde, welche das Füllen der Zellen mit Wasser vollkommen gestattete. Bei dieser Geschwindigkeit des Schöpfrades hob jede Zelle jedoch nur 18 Quart oder 1176 Cubikzoll Wasser auf eine durchschnittliche Höhe von 8 Fuß, so daß also in der Minute $40\frac{5}{6}$ Cubikfuß und in der Stunde 2450 Cubikfuß Wasser gehoben wurden. Da nun zur Zeit 6 Mann an der Kurbel drehten, diese aber alle Stunden abgelöst wurden, so ergab sich hierbei, daß ein Mann im Durchschnitt in einer Stunde $204\frac{1}{6}$ Cubikfuß Wasser 8 Fuß hoch hob.

Die Figuren 141 und 141 A, Taf. 12, zeigen ein Schöpfrad im Durchschnitt und in der Ansicht, dessen man sich bei den Festungsbauten zu Bayonne bedient hat. Dieses Schöpfrad war mit einem Tretrade verbunden und es hoben fünf Mann mit dieser Maschine in einer Stunde $3234\frac{1}{2}$ Cubikfuß 8 Fuß hoch. Diese Maschine hatte auch die Einrichtung, daß sie höher gestellt oder gesenkt werden konnte. Die Schaufeln sind hier zwischen zwei Radkränzen befestigt; dieselben standen 1,02 Fuß von einander und der Querschnitt jeder Schaufel war $= 0{,}8436$ Quadratfuß, mithin ihr Cubikinhalt $= 0{,}8436 \,.\, 1{,}02 = 0{,}86047$ Cubikfuß. Um das Wasser möglichst schnell auszugießen, waren die

inneren Wände der Schaufeln ganz eben und es hatten diese eine solche Lage, daß die Schaufel das Wasser nicht eher ausschütten konnte, als in die Ausgußrinne, wie dies auch aus Fig. 141 zu ersehen ist. Die Schaufeln hatten im Boden Ventile, welche sich beim Heruntergehen durch ihre Schwere von selbst öffneten und somit konnte beim Eintauchen die in den Schaufeln befindliche Luft entweichen. Sobald aber die Schaufel sich mit Wasser anfüllte, schloß sich das Ventil wieder. Diese Einrichtung war ähnlich der in §. 54 bei Beschreibung der Fig. 113 angeführten Ventileinrichtung. Weitere Nachrichten über dieses Schöpfrad findet man in Crelle's Journal für die Baukunst, Band 21, Heft 3.

§. 56. Die Wasserschnecke.

Die Wasserschnecke gehört unstreitig zu den ältesten Schöpfmaschinen und man schreibt ihre Erfindung schon dem Archimedes zu, woher sie auch den Namen „Archimedische Schnecke" führt. Sie gewährt beinahe alle Vortheile des Schneckenrades und hat vor diesem noch den sehr großen Vorzug, daß sie sich sehr leicht auch in einem nur beschränkten Raume aufstellen läßt; eben so wird ihre Wirksamkeit auch keineswegs durch ein tieferes Eintauchen beeinträchtigt und man kann sie daher in die volle Baugrube stellen und so lange gebrauchen ohne ihre Lage verändern zu müssen, wie sie überhaupt noch Wasser schöpft. Fig. 120, Taf. 11, zeigt die Anordnung einer solchen Wasserschnecke.

Dieselbe besteht gewöhnlich aus einer 8 bis 12 Zoll langen und 16 bis 24 Fuß langen Spindel, um welche schraubenförmig ein Canal herumgeführt ist, der wie eine Röhre blos an beiden Enden offen ist. Ihre Einrichtung ist folgende: sie hat gewöhnlich einen Durchmesser von 18 bis 24 Zoll, seltener aber darüber. In die Spindel werden nach einer auf ihrer krummen Oberfläche gezeichneten Schraubenlinie genau mit einander verbundene und zusammengepaßte Schaufelbretter von Eichenholz eingesetzt, deren Dicke $^3/_4$ bis höchstens 1 Zoll beträgt. Diese Schaufelbretter stehen überall gleich weit aus der Spindel heraus, so daß ihre äußersten Enden in der Oberfläche eines Cylinders liegen. Der äußere Umfang der Schnecke wird mit zweizölligen Brettern bekleidet; dieselben müssen nicht nur genau an die äußersten Enden der Schaufelbretter, sondern auch so dicht an einander schließen, daß sie einen vollkommen wasserdichten Mantel und außerdem mit den Schaufelbrettern auch einen wasserdichten, schraubenförmig um die Spindel gewundenen Canal bilden, welchen man einen Schneckengang nennt. Der äußere Mantel wird durch eiserne Ringe möglichst dicht zusammen getrieben und dadurch gehalten. Die Spindel erhält an ihren beiden Enden starke eiserne Zapfen, die in Pfannen laufen, welche an den Riegeln eines um die Schnecke befindlichen Rahmens befestigt sind, und die Schnecke kann somit nur gleichzeitig mit dem Rahmen verstellt werden. Uebrigens wendet man die Schnecke auch ohne einen solchen Rahmen an, nur müssen in diesem Falle die Pfannenlager besonders hergestellt werden.

Geht nur eine Reihe Schaufelbretter um die Spindel, wie in Fig. 121

angedeutet ist, so heißt die Schnecke eine **einfache**; gehen aber zwei Reihen Schaufelbretter, wie Fig. 120 zeigt, oder gar drei Reihen Schaufelbretter gleich weit von einander um die Spindel herum, so daß dadurch zwei oder drei Schneckengänge gebildet werden, so nennt man die Schnecke eine **doppelte** oder **dreifache** Schnecke, oder auch eine Schnecke von **zwei** oder **drei** Gängen. Es ist nun Bedingung, daß die einzelnen Gänge ziemlich schmal sein müssen, weil sie sich sonst nicht gehörig mit Wasser füllen. Wollte man aber diese geringe Breite der Gänge durch ein einziges Gewinde mit sehr flacher Neigung darstellen, so würde die Länge der Röhre, durch welche das Wasser gehen müßte, sich außerordentlich vergrößern und das Wasser beim Durchgange durch diese lange Röhre vielfachen Widerstand erfahren. Man bringt daher nicht einen einfachen Schneckengang an, sondern deren zwei oder drei, und es findet das letztere namentlich bei den größeren Wasserschnecken Statt. Hierdurch erlangt man auch noch den Vortheil, daß das Wasser viel gleichmäßiger ausströmt, als bei einer einfachen Schnecke. Was nun die Neigung betrifft, unter welcher die Windungen am vortheilhaftesten ansteigen, so hat man darüber zwar mehrfache Versuche angestellt, ist aber zu keinem solchen Resultate gekommen, daß sich daraus eine allgemeine Regel herleiten ließe.

Bei der Verfertigung einer Wasserschnecke ist vorzüglich darauf zu sehen, daß die Spindel genau cylindrisch bearbeitet ist. Die Schaufelbretter lassen sich auf zweierlei Art verfertigen und einsetzen. Dieselben werden entweder so eingesetzt, daß die einzelnen Bretter wie ein einziges Gewinde von gleicher Dicke um die Spindel geschlungen sind, wie Fig. 120 zeigt; oder es werden die Bretter so gestellt, daß sie einzeln in Ebenen fallen, die auf die Spindel senkrecht gehen, wie in Fig. 121 dargestellt ist. In diesem letzteren Falle wird dadurch ein treppenförmiges Gewinde gebildet.

Soll nun eine Schnecke mit treppenförmigen Schaufelbrettern verfertigt werden und es ist die Länge und Dicke der Spindel, so wie auch der Durchmesser der Schnecke im Lichten und die Höhe des Schneckenganges bestimmt, so dividirt man, um die Anzahl der Schaufelbretter zu finden, mit der Dicke derselben in die Höhe des Schneckenganges. Giebt dies nun keine gerade Zahl, so muß entweder die Dicke der Schaufelbretter oder die Höhe der Windung danach geändert werden.

Ist nun die Spindel genau cylindrisch bearbeitet und an beiden Enden rechtwinkelig abgeschnitten, so wird auf beiden Grundflächen der horizontal gelegten Spindel ein lothrechter Durchmesser abgeschnürt und der Umfang der Grundflächen in eben so viele Theile getheilt, als auf jede einzelne Windung Schaufelbretter kommen. Hierauf verbindet man die gleichnamigen Punkte beider Grundflächen jedesmal mittelst eines Schnurschlages am Umfange der Spindel. Ist nun der Umfang jeder Fläche in 16 gleiche Theile getheilt und bezeichnet p die Peripherie, der Punkt a aber den Anfang der Windungen und $am = h$ die Höhe einer Windung, so ist $ab = \frac{1}{16}p$, $ac = \frac{2}{16}p$, $ad = \frac{3}{16}p$ u. s. w.; es muß daher in b die Höhe $bb' = \frac{1}{16}h$, in c die Höhe $cc' = \frac{2}{16}h$, in d die Höhe $dd' = \frac{3}{16}h$ u. s. w. aufgetragen werden, um die erste Schneckenlinie zu erhalten. Von den Durchschnittspunkten b′, c′, d′ u. s. w. werden

dann mittelst eines biegsamen Winkelmaßes die Linien b'no, c'pq, d'rs u. s. w. winkelrecht auf die Schnurschläge gezogen, wodurch man die Rechtecke erhält, in welche die Schaufelbretter eingesetzt werden sollen. Diese Rechtecke müssen aber wegen des Uebergreifens um $\frac{1}{2}$ Zoll mehr in der Richtung der einzusetzenden Bretter und circa 2 Zoll tief in der Spindel ausgestemmt werden. Fig. 127 zeigt das Nähere.

Sollen die Schaufelbretter bei einer Schnecke in einer ununterbrochenen Schneckenlinie um die Spindel herumlaufen, so ist das Verfahren etwas schwieriger. Es sei zu dem Ende die Dicke der Spindel $2r = 10$ Zoll, die Breite eines Schneckenganges $= 8$ Zoll, demnach der äußere Durchmesser der Schneckenwindung $= 26$ Zoll; eine Windung steige in der ganzen Peripherie um 16 Zoll und es soll selbige aus 18 Brettern gebildet werden.

Hiernach wird die Aufsteigung eines Schaufelbrettes $= \frac{16}{18} = \frac{8}{9}$ Zoll und die Breite desselben am äußeren Umfange der Gewinde in der projicirten Grundfläche der Spindel gemessen $= 4{,}535$ Zoll; diese Breite aber an der Spindel gemessen wird $= 1{,}85$ Zoll. Man trage nun 4,535 Zoll $=$ ab (Fig. 128) auf und errichte in b die Normale $bc = \frac{8}{9}$ Zoll, so ist ac die Richtung des Schaufelbrettes am äußeren Gewindeumfange, jedoch in der schiefen Richtung der Schneckenlinie gemessen. Macht man ferner ad $= 1{,}85$ Zoll und errichtet in d die Normale $df = \frac{8}{9}$ Zoll, so ist af die Richtung des Schaufelbrettes am Umfange der Spindel.

Man verzeichne nun auf einem Brette (Fig. 129) mit dem Halbmesser fa $= 13$ Zoll einen Bogen und nehme ab eben so groß, als in der vorigen Figur oder $= 4{,}535$ Zoll; eben so verzeichne man mit dem Halbmesser der Spindel $fa' = 5$ Zoll den Bogen a'd' und mache ihn $=$ ad $= 1{,}85$ Zoll, so ist abda' die Größe eines Schaufelbrettes, welches hiernach ausgearbeitet werden kann. Soll nun die Stärke, wenn es bereits ausgearbeitet ist, noch 1 Zoll betragen, so müssen hierzu Bohlen genommen werden, welche eine Stärke $= 1 + \frac{8}{9}$ Zoll haben, indem man von b die Größe $bc = \frac{8}{9}$ Zoll und von l ebenfalls lk $= \frac{8}{9}$ Zoll auftragen, und außerdem noch die Stärke von 1 Zoll für das Schaufelbrett übrig bleiben muß. In gleicher Art trägt man auch in d die Größe $de = \frac{8}{9}$ Zoll und in h die Größe $hg = \frac{8}{9}$ Zoll auf. Zieht man nun die Bogen ac, km, a'e, gi mit einem Fischbein- oder einem anderen biegsamen Lineal, so läßt sich hiernach das überflüssige Holz leicht abarbeiten, so daß nur die Lehrschaufel acea'gkmi übrig bleibt, nach welcher die Bearbeitung der übrigen Schaufelbretter vorgenommen werden kann. Da aber die Länge aa' $=$ db $= 8$ Zoll nur die Länge des hervorstehenden Theils der Schaufel aus der Spindel bezeichnet, die Schaufeln aber $1\frac{1}{2}$ Zoll in die Spindel eingesetzt werden, so muß der Halbmesser fa' um $1\frac{1}{2}$ Zoll kürzer und zwar $=$ fo genommen und die Nuthe in der Spindel dann eben so tief und 1 Zoll breit ausgearbeitet werden, welche Nuthe aber hier keine Absätze bildet, wie bei der vorigen Construction, sondern in ununterbrochener Schneckenlinie um die Spindel herumläuft und es ist dann die Figur der Lehrschaufel die Figur acqorkms. Es ist übrigens hiernach keiner großen Schwierigkeit unterworfen, die Schnecken-

linie um die Spindel herum zu zeichnen, indem die Steigung eines jeden Schaufelbrettes und dessen Breite hier bekannt ist.

Soll eine Schnecke zwei Gänge erhalten, so muß das zweite Gewinde um 180 Grad von dem ersteren in der Grundfläche der Spindel abstehen und es läuft dann das zweite Gewinde zwischen dem anderen in überall gleichem Abstande herum, wie dies auch in Fig. 120 dargestellt ist. Erhält die Schnecke aber drei Gänge, so stehen selbige um 120 Grad von einander in der Grundfläche der Spindel ab.

Sind die sämmtlichen Schaufelbretter eingesetzt, so wird der Mantel darum hergestellt. Dieser muß, wie schon weiter oben bemerkt wurde, mit den Windungen wasserdichte Canäle bilden, und zu dem Ende muß hierauf viel Aufmerksamkeit verwendet werden, denn ein dichter Schluß ist wegen der langsamen Bewegung ein dringendes Erforderniß.

Wird die Schnecke durch Menschen betrieben, was gewöhnlich der Fall ist, so wird zur bequemeren Aufstellung der Arbeiter an der Verlängerung des oberen Zapfens eine Kurbel angebracht, welche mittelst Zugstangen, die horizontal hin- und hergeschoben werden, herumgetrieben wird, und es muß die Drehung der Kurbel so erfolgen, daß die Einflußöffnungen der Schnecke sich gegen das Wasser bewegen. Der Rahmen der Schnecke wird am untern Ende aufgehängt, am oberen Ende dagegen auf ein Gerüst gelegt, wie dies in Fig. 122 dargestellt ist. Die Schnecke muß eine gehörige Neigung erhalten; es wird dann beim Umdrehen der Schnecke das Wasser in den unteren Schneckengängen gefangen, durch die fortwährende Bewegung in den Gewinden allmälig gehoben und zuletzt durch die Ausflußöffnung am oberen Ende der Schnecke herausgeleitet. Beim Gebrauch der Schnecke ist mehrfach die Meinung entstanden, daß dieselbe gar kein Wasser heben könne, sobald ihre untere Mündung nicht zum Theil über der Oberfläche des Wassers liege, so daß jeder einzelne Gang sich abwechselnd mit Luft und Wasser füllen könne; allein die aus einer zu tiefen Stellung der Schnecke entstehenden Nachtheile sind in der Wirklichkeit gar nicht so bedeutend und sicherlich weit weniger störend, als wenn man bei jeder Aenderung des Wasserstandes in der Baugrube immer sogleich die Schnecke verstellen wollte.

Was die Neigung der Schnecke betrifft, so geht aus den Versuchen, die Hachette anführt, hervor, daß die Wirkung derselben am vortheilhaftesten ist, wenn sie unter einem Winkel von 30 Grad gegen den Horizont geneigt ist; doch nimmt man es hiermit selten so genau und überschreitet dieses Maß sehr häufig, indem man derselben eine Neigung gegen den Horizont bis zu 45 Grad giebt. Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß beim Aufstellen der Schnecke immer dahin zu sehen ist, daß der Winkel, welchen die Windungslinie mit einer auf der Spindelachse senkrechten Ebene bildet, oder der Windungswinkel nebst dem Winkel, welchen die Spindelachse mit dem Horizont macht, oder dem Standwinkel, zusammengenommen weniger als einen rechten Winkel betragen, weil in allen Fällen, wo der Windungs- und Standwinkel zusammengenommen gleich einem rechten Winkel oder noch größer sind, die Schnecke kein Wasser schöpfen kann.

Ueber die Wirkung einer Schnecke hat Eytelwein in seinem Handbuche der Mechanik fester Körper und der Hydraulik mehrere interessante Versuche mitgetheilt und auch weitere Berechnungen darüber angestellt, die hier aber übergangen werden. Nach den von Mallet angestellten Versuchen konnte mittelst einer Schnecke von drei Gängen, die 19 Fuß lang war und 19 Zoll im Durchmesser hatte, durch 9 Arbeiter, die in einer Minute 35 Umdrehungen machten, eine Wassermenge von 1358 Cubikfuß in der Stunde auf $10^1/_3$ Fuß Höhe gehoben werden. Hachette führt ferner an, daß 6 Mann, welche täglich 6 Stunden an einer Wasserschnecke arbeiteten, stündlich 91,8 Cubikmeter Wasser 1 Meter hoch hoben. Dieses stimmt ziemlich genau mit der Annahme, welche man gewöhnlich in Frankreich gelten läßt, daß ein Arbeiter an der Schnecke, der während des Tages 6 Stunden hindurch wirklich arbeitet, in der Stunde 15 Cubikmeter (485 Cubikfuß) 1 Meter (3 Fuß 2 Zoll) hoch hebt.

Zum Schluß soll hier noch der sogenannten Wasserschraube Erwähnung geschehen. Diese unterscheidet sich von der Wasserschnecke dadurch, daß der Mantel nicht daran befestigt ist, sondern es liegt derselbe hierbei auf dem Boden fest und reicht nur etwas über die Achse der Spindel hervor; der obere Theil einer solchen Wasserschraube ist daher ganz offen. Die Schnecke dreht sich hier in dem Mantel und um dieses möglich zu machen, muß der Mantel etwas größer sein, als der äußere Durchmesser der Schnecke, weil sonst die Reibung zwischen der Schnecke und dem Mantel zu groß sein würde und die zur Ueberwindung dieser Reibung erforderliche Kraft zu bedeutend sein müßte. Da hiernach nun zwischen dem Mantel und der inneren Schraube mindestens ein Spielraum von $^1/_2$ Zoll sein muß, so geht schon daraus von selbst hervor, daß hierbei der Wasserverlust sehr bedeutend ist. Zum Ausschöpfen der Baugrube wendet man daher die Wasserschraube sehr selten an, dagegen häufiger zum Ausschöpfen von Niederungen.

§. 57. Vom Schaufelwerk.

Wenn das Grundwasser aus einer Baugrube auf keine beträchtliche Höhe zu heben ist, so kann man sich häufig mit Vortheil auch des Schaufelwerks bedienen. Ein solches Schaufelwerk besteht, wie aus den Figuren 123, 123 A und B näher hervorgeht, aus einer, von vier Bohlen wasserdicht zusammengesetzten rechtwinkeligen Röhre, die an ihren beiden Enden offen bleibt. Diese Röhre, welche den sogenannten Förder- oder Wasserkasten bildet, erhält eine lichte Breite von 1 bis 2 Fuß und eine lichte Höhe von 6 bis 12 Zoll. Dieselbe wird so gelegt, daß ihr oberes Ende in die Ableitungsrinne reicht, das untere Ende dagegen sich ganz unter Wasser befindet. Innerhalb dieser Röhre bewegt sich gegen das obere Ende derselben eine Reihe rechtwinkelig gestellter Schaufeln (Paletten, Kolben oder Schiebebretter), welche durch eine Kette ohne Ende so mit einander verbunden sind, daß sie sich nicht verschieben können. Diese Kette ohne Ende geht an beiden Enden dieser Röhre über Trommeln, die so eingerichtet sind, daß die Kettengelenke sich gehörig schließend um dieselben auflegen; von der oberen Trommel müssen aber auch die Ketten-

gelenke so sicher gefaßt werden, daß die Bewegung von dieser sich vollständig auf die Kette überträgt und durchaus kein Abgleiten oder Nachgeben stattfinden kann. Ueber dem Wasserkasten befindet sich eine zweite Röhre, welche aber ohne Nachtheil oben offen sein kann; dieselbe dient dazu, daß die Schaufeln in derselben zurückgehen können. Man nennt diese Röhre gewöhnlich den Laufkasten. Die beiden Kasten sind unter sich durch übergelegte Rahmen und Zwingen verbunden, die in Abständen von 4 bis 6 Fuß angebracht werden. An diese Zwingen sind auch gleichzeitig die Wangenstücke befestigt, in welchen die Achsen der beiden Trommeln sich drehen. Um aber die Kette spannen zu können, ist am oberen Ende noch eine besondere Vorrichtung angebracht, welche darin besteht, daß auf den Wangenstücken, die durch einen Riegel mit einander verbunden sind, ein zweiter Rahmen liegt, in welchem die Pfannen zu der oberen Trommel befestigt sind. Dieser Rahmen ist verschiebbar und wird vermittelst Sperrhaken festgestellt. Diese Sperrhaken greifen in gezahnte Stangen, die an den festen Wangenstücken, welche mit den Zwingen verbunden, durch Schraubenbolzen befestigt sind. Diese Vorrichtung ist in Fig. 125 näher dargestellt. Das untere Ende der Maschine ist mit einem Taue an der Welle einer Winde befestigt, die auf einem Gerüste ruht, wie Fig. 123 zeigt; mit ihrem oberen Ende ruht dieselbe auf dem Ufer oder dem Rande des Fangedammes. Mittelst der Winde ist es möglich, die Maschine beliebig senken zu können.

Die Bewegung der Maschine kann durch Menschenkraft oder auch wohl durch Wasserkraft erfolgen, doch ist die Anwendung eines Pferdegöpels hierbei besonders üblich. In diesem letztern Falle wird die Achse des oberen Getriebes (der oberen Trommel) mittelst einer horizontalen Welle, an deren anderem Ende ein Trilling oder ein conisches Rad befestigt ist, fortgeführt; in dieses Rad greift dann ein zweites conisches Rad ein, welches an einer aufrechtstehenden Welle (Tummelbaum) befestigt ist. Bedient man sich eines Trillings, so wird ein gewöhnliches Kammrad angewendet; dieses Rad wird 10 bis 16 Fuß im Durchmesser. Die Trommel hat ebenfalls die Gestalt eines Trillings, wobei jedoch die Stöcke aus Eisen bestehen. Diese Trommel erhält gewöhnlich 8 Stöcke und ihr Durchmesser muß so gewählt werden, daß beim Umlegen der Kette um die Stöcke sich ein regelmäßiges Achteck darstellt. Hat die Trommel nur vier Stöcke, wie in der Figur angedeutet ist, so bildet sich zwischen den beiden Kettengliedern, die mit ihren Enden auf denselben Triebstock treffen, jedesmal ein rechter Winkel und zieht demnach die Kette sehr sicher herauf. Bei einer größeren Anzahl von Stöcken geht nun zwar diese Sicherheit verloren; durch das bloße Anlegen der Kette an die Stöcke läßt sich dieselbe nicht mehr sicher fassen, weshalb dann jedes Kettenglied dicht hinter seiner Achse mit einem Ansatze versehen wird, wogegen sich der Triebstock lehnt. In Fig. 124 ist dieses angedeutet und a bezeichnet daselbst diesen Ansatz. Diese Anordnung ist um so nothwendiger, denn sobald ein Gleiten der Kette einträte, würde nicht nur die Wirkung der Maschine aufhören, sondern es würden sich auch die einzelnen Glieder verbiegen. Daß man die Anzahl der Triebstöcke vermehrt, dazu giebt es verschiedene Gründe und

namentlich folgende: erstlich ist bei vier Stöcken der Unterschied im Zuge sehr bedeutend, und es stellen sich auch in der Geschwindigkeit der Kette oder der Betriebskraft periodische Schwankungen dar; ferner aber lassen sich auch die Kettenglieder auf der Trommel, wenn sie nur vier Stöcke hat, nicht mehr gehörig auflegen, indem die daran befestigten Schaufeln schon gegen die Welle stoßen und dadurch eine bedeutende Unregelmäßigkeit hervorbringen.

Die Anordnung der Ketten geht aus Fig. 124 näher hervor. Die Glieder der beiden Ketten sind hier durch gemeinschaftliche Achsen verbunden; jedes Glied ist an einem Ende gabelförmig gespalten, worin das Ende des nächstfolgenden Gliedes steckt. Die Glieder greifen in passenden Oeffnungen durch die hölzernen Schaufeln hindurch und sind mit Ansätzen versehen, wogegen sich die Schaufeln lehnen; an der vorderen Seite dagegen werden die Schaufeln durch vorgesteckte Splinten befestigt. Das Verhältniß der Höhe der Schaufeln zu ihrer Entfernung von einander wird gewöhnlich zwischen den Grenzen 1:2 und 1:1 angenommen, und es ist hiervon auch wieder die Anordnung des Getriebes abhängig; denn nimmt man das Verhältniß 1:2, so erhält die Trommel nur 4 Stöcke, dagegen erhält dieselbe bei dem Verhältniß 1:1 6 oder auch 8 Stöcke.

Die Schaufeln werden aus gut ausgetrockneten eichenen 1 Zoll starken Brettern angefertigt. Auf beiden Seiten des Wasserkastens giebt man den Schaufeln einen Spielraum von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ Zoll, oberhalb kann derselbe aber 1 Zoll betragen. Eben so ist auch der Spielraum, welchen man den Schaufeln im Laufkasten giebt, gewöhnlich größer und man nimmt diesen selten unter $\frac{1}{2}$ Zoll. Die Abmessungen der Schaufeln sind sehr verschieden angenommen. Bei dem Schaufelwerk, welches Perronet beim Bau der Brücke zu Orleans benutzte, hatten die Schaufeln eine Höhe von 6 Zoll; der Abstand betrug eben so viel; die Schaufelbreite war 14 Zoll 6 Linien und die Breite des Steiggerinnes 15 Zoll.

Bei den Schaufelwerken, die Mangers bei Grundbauten in Potsdam vielfach benutzte, betrug die Weite des Steiggerinnes 14 Zoll, die Höhe der Schaufeln war 5 Zoll und ihr Abstand 7 Zoll. Belidor giebt die Breite der Schaufeln bei den von ihm beschriebenen Schaufelwerken zu $9\frac{1}{2}$ Zoll und die Höhe derselben zu 6 Zoll an.

Man kann dem Schaufelwerke eine mehr oder weniger geneigte Lage geben; wird es sehr steil aufgestellt, so fassen die Zellen weniger Wasser, es wird aber dann auf eine größere Höhe gehoben; ist dagegen der Neigungswinkel kleiner, so wird mehr Wasser auf eine kleinere Höhe gehoben und es wird daher für jedes Schaufelwerk irgend eine Lage geben, für welche es am vortheilhaftesten arbeitet, wenn nämlich das Product aus der gehobenen Wassermenge in die Hubhöhe am größten ist. Ueber die Neigung, welche man dem Schaufelwerke geben muß, um den möglichst größten Effect zu erreichen, sind die Ansichten ziemlich verschieden. Eytelwein findet die Größe des Winkels, unter welchem in diesem Falle das Schaufelwerk gegen den Horizont geneigt sein muß, zu 37° 38′, Langsdorf zu 37° 40′; Mangers ließ die Schaufelwerke bei den Grundbauten zu Potsdam unter einem Winkel von 35° legen, Perronet

dagegen beim Bau der Brücke zu Orleans nur unter einem Winkel von 21°; Belidor berechnete den Winkel zu 24° 21′; Wiebeking endlich giebt den Neigungswinkel nur zu 18° an und will durch Beobachtungen gefunden haben, daß der Effect um so günstiger ausfällt, je kleiner man den Neigungswinkel nimmt. In Holland dagegen, wo diese Maschine am meisten üblich ist, stellt man sie gewöhnlich unter einem Winkel von etwa 30° gegen den Horizont auf.

Was die Geschwindigkeit der Kette betrifft, so ist es eine Hauptbedingung, daß diese wenigstens 3 bis 4 Fuß in der Secunde beträgt; es ist daher das Getriebe der Maschine so einzurichten, daß man eine solche Geschwindigkeit der Kette hervorbringen kann. Denn ist die Geschwindigkeit der Kette geringer, so vermindert sich nach Maßgabe des langsameren Ganges der Maschine auch die Wassermenge, welche von jeder Schaufel aufgefördert wird, weil das Abfallen des Wassers dabei leichter vor sich gehen kann, als beim schnelleren Gange der Maschine. Dieselbe Wirkung muß jedoch auch nothwendig eintreten bei der Vergrößerung des Winkels, unter welchem das Schaufelwerk gegen den Horizont geneigt ist. Kann man aber dennoch nicht eine solche Geschwindigkeit, wie oben angeführt, darstellen, so wird es nöthig, für einen möglichst dichten Schluß zu sorgen. Hierdurch wird nun zwar nicht die Reibung vermehrt, indem hierbei immer ein kleiner Spielraum zwischen den Schaufeln und den beiden Seitenwänden des Wasserkastens stattfinden muß; es ist aber dann erforderlich, daß die Maschine sehr accurat und sehr fest hergestellt wird, damit keine Schwankungen entstehen, welche Reibung verursachen können.

In Holland ist die Anordnung gewöhnlich der Art, daß die Kette sich ungefähr nur mit der halben Geschwindigkeit bewegt, welche die Pferde, durch welche die Maschine getrieben wird, annehmen. Hierbei werden aber die Pferde zu sehr angestrengt, indem dieselben, wenn der Effect der Maschine hinreichend sein soll, stets im scharfen Trabe gehen müssen; da die Pferde dies aber nur immer für eine kurze Dauer aushalten können und dann wieder Ruhepausen eintreten müssen, so findet dabei ein bedeutender Zeitverlust Statt.

Bei den von Perronet beim Bau der Brücke zu Orleans benutzten Schaufelwerken betrug die Geschwindigkeit der Kette 2,5 Fuß. Hierbei hatte das große Kammrad 115 Zähne, der große Trilling 12 Stöcke, der kleine dagegen 8 Stöcke. Die Maschine wurde mit 12 Pferden zugleich getrieben, welche durchschnittlich 140 Umgänge in einer Stunde machten, wenn Alles ohne Unterbrechung im Gange blieb. Für die beim Umspannen und Ausbessern verlorene Zeit rechnete Perronet aber $\frac{1}{10}$ ab, so daß noch 126 Umdrehungen blieben. Mittelst dieser Roßkunst wurden zwei Schaufelwerke in Bewegung gesetzt und in jedem derselben kamen hiernach in der Stunde 9660 Schaufeln aus der Röhre. Die Wassermenge, welche jedes Schaufelwerk in der Stunde hob, betrug $2457\frac{1}{2}$ Cubikfuß, was in der Minute $40\frac{23}{24}$ Cubikfuß ausmachte. Der Neigungswinkel des Schaufelwerks war = 21°.

Mangers führt in seinen Beiträgen zur practischen Baukunst an, daß mit den Schaufelwerken, die bei verschiedenen Grundbauten in Potsdam benutzt wurden, die in jeder Minute geförderte Wassermenge $46\frac{5}{6}$ Cubikfuß betragen habe. Solche Schaufelwerke waren 32 Fuß lang, die Breite des Steiggerinnes

war im Lichten 14 Zoll, die Höhe der Schaufeln 5 Zoll und ihr Abstand betrug 7 Zoll. Das Steiggerinne (Wasserkasten) war unter einem Winkel von 35 Grad gestellt und die Geschwindigkeit der Kette war $2^3/_4$ Fuß.

Bei uns, so wie in Frankreich, wird das geneigte Schaufelwerk für keine besonders wirksame Schöpfmaschine angesehen, wenngleich dasselbe in Holland ganz gewöhnlich benutzt wird; es läßt sich hiernach wohl annehmen, daß dasselbe auch seine besonderen Vorzüge habe. Perronet bemerkt zwar bei Gelegenheit der Beschreibung des Baues der Brücke zu Orleans, daß bei Vergleich dieser Maschine mit dem bei Neuilly gebrauchten Schöpfrade unter übrigens gleich angenommenen Umständen der Effect des Schöpfrades bedeutend größer gewesen sei, als der des Schaufelwerks und zwar in dem Verhältniß wie 12 : 5. Aber dennoch läßt es sich in der That nicht absehen, warum das Schaufelwerk den anderen Maschinen weit nachstehen sollte. Nur in dem Falle dürfte es sehr unwirksam werden, wenn ein großer Theil des gehobenen Wassers immer wieder durch die Spielräume zwischen den Schaufeln und den Seitenwänden des Kastens zurückfließt, was aber nur bei sehr langsamer Bewegung eintritt.

Weitere theoretische Untersuchungen über die Schaufelwerke findet man in Eytelwein's Handbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik, so wie in Langsdorf's Anleitung zum Straßen- und Brückenbau.

§. 58. Die Kettenpumpe oder das Paternosterwerk.

Bei größeren Höhen als 8 Fuß würde man das im vorigen Paragraphen näher beschriebene Schaufelwerk entweder sehr lang machen müssen, um dasselbe in einer sehr flachen Neigung legen zu können, oder man würde mit bedeutendem Schaden arbeiten, indem bei einer bedeutenderen Höhe ein größerer Kraftaufwand erforderlich ist und dennoch eine große Menge Wasser wieder zurückfließen würde, weshalb es hier denn zweckmäßiger ist, das Schaufelwerk zu verwerfen. Statt desselben kann man sich aber dann der Kettenpumpe (Scheibenkunst, Rosenkranzmühle oder des Paternosterwerks) bedienen.

Die Kettenpumpe, welche in den Figuren 126, 126 A und B in der Seitenansicht, in der Vorderansicht und im Durchschnitt dargestellt ist, besteht aus einer 10 bis 12 Zoll starken, auf 5 bis 6 Zoll Weite genau ausgebohrten hölzernen Röhre ab (man nimmt hierzu gewöhnlich Ellern- oder Kiefernholz), welche das Stand- oder Steigrohr genannt wird. Am unteren Ende wird dasselbe an einer Seite ausgeschnitten und in einen hölzernen Kasten cd eingesetzt, welcher in den Sumpf eingestellt wird. Dieser Kasten ist an der vorderen Seite ganz auf, damit das zu hebende Wasser ungehindert zutreten kann. Durch diese Röhre geht eine Kette ohne Ende, an welcher Scheiben oder Kolben angebracht sind. Bewegt sich nun diese Kette in dem Standrohr aufwärts, womit zu gleicher Zeit auch eine aufwärts gehende Bewegung der Kolben in dem Rohre verbunden ist, so wird von diesen das Wasser gefaßt, in dem Standrohre aufgezogen und fließt dann durch das Abflußrohr f auf der entgegengesetzten Seite ab. Zur Bewegung der Kette dient eine am oberen

Ende des Standrohres angebrachte Gabelwalze g, die in eisernen Pfannen liegt, welche an zwei in schiefer Richtung gegen das Standrohr angeschraubte Bohlen h, h befestigt sind. An dieser Gabelwalze sind zu beiden Seiten Kurbeln angebracht, woran die Arbeiter, die auf eignen Gerüsten stehen, drehen. Durch die Umdrehung der Kurbeln werden die Kettenglieder mittelst der Gabeln ergriffen, die Kolben in dem Standrohre aufwärts gehoben, hierdurch das Wasser geschöpft und so bis zum Abflußrohr f gehoben. Damit die Kette mit den Kolben leichter in die untere Oeffnung des Standrohrs geht, pflegt man auch wohl eine Walze daselbst anzubringen, deren Durchmesser in der Mitte aber dann kleiner sein muß, als an beiden Enden.

Der Kolben besteht, wie aus den Figuren 130 und 130 A hervorgeht, welche denselben in der Ansicht und im Durchschnitt zeigen, aus einem hölzernen conischen Kloße a, welcher am oberen und unteren Theile mit gut aufgetriebenen eisernen Ringen versehen ist. Auf diesen Kloß wird eine circa $\frac{1}{3}$ Zoll starke lederne Scheibe cd aufgelegt, die vorher mit einer Mischung von Oel, Talg und heißem Theer getränkt ist. Hierauf wird aber noch eine eiserne Platte gelegt. Sämmtliche Theile sind in ihrer Mitte mit einer viereckigen Oeffnung versehen, durch welche der eiserne Bolzen ef durchgesteckt ist und auf beiden Seiten mit den Kettengliedern verbunden wird. Um nun eine feste Verbindung zwischen dem Schafte a, der ledernen Scheibe und der eisernen Platte zu erzielen, gleichzeitig aber auch bei der abwärts gehenden Bewegung der Kolben ein Heruntersinken derselben zu verhindern, ist die eiserne Splinte gh durch die in dem Bolzen ef befindliche Oeffnung eingetrieben. Es müssen hierbei die ledernen Scheiben etwas kleiner sein, als die innere Weite des Standrohrs, weil sonst bei der Bewegung der Maschine eine zu bedeutende Reibung entstehen würde. Die Entfernung der Kolben von einander beträgt gewöhnlich den sechs- bis achtfachen Durchmesser des Standrohrs und die Bewegung der Kette muß immer so erfolgen, daß die lederne Scheibe nach oben und der hölzerne Kloß nach unten zu stehen kommt.

Die Kette erhält ihre Bewegung, wie schon oben erwähnt wurde, durch eine Gabelwalze; wendet man nun eine gewöhnliche Kette an, wie in der Figur angedeutet ist, so kommt es nicht selten vor, daß die Kette von den Gabeln nicht sicher gefaßt wird; denn bald greifen die Gabeln gar nicht ein, so daß die Kette darüber gleitet und für den Augenblick still stehen bleibt, bald dagegen kommt eine Scheibe (Kolben) gerade auf eine Gabel zu liegen, wodurch eine solche Spannung der Kette verursacht wird, daß die Walze zurückgedreht werden muß. Sehr häufig aber kommt es auch dabei vor, daß die Kette sich festklemmt und nicht mehr von selbst aus der Gabel fällt, in welchem Falle dann wieder die Maschine angehalten und die Kette mit Gewalt herausgerissen werden muß. Hierdurch entsteht aber immer ein sehr nachtheiliger Aufenthalt und dies um so mehr, indem hier eben so wie beim Schaufelwerk eine große Geschwindigkeit des Betriebes erfordert wird. Diese erwähnten Nachtheile werden vollkommen vermieden durch die in den Figuren 131 und 131 A dargestellte Anordnung der Kette und der Gabelwalze. Jedes Glied der Kette ist an einem Ende gabelförmig gespalten, worin dann das Ende des nächstfolgenden Gliedes

steckt. Je zwei Glieder werden durch einen Schraubenbolzen verbunden und damit sich die Muttern derselben nicht so leicht lösen können, was zur Folge haben könnte, daß ein Bolzen herausfiele und somit die ganze Kette herabstürzte, so wird in dem gabelförmigen Ende jedes Gliedes das Bolzenloch an der Seite, zunächst dem Kopfe des Bolzens, nicht rund, sondern viereckig gemacht und der Bolzen erhält an dieser Stelle dann einen quadratischen Querschnitt. Ferner werden die Gabeln an ihrem Ende abgerundet, weil sonst das breite Ende des vorhergehenden Gliedes, womit die Kette sich auf die Gabel stützt, sich nicht lösen kann. Die Krümmung der vorderen Seite der Gabeln muß so gewählt sein, daß sie einen Kreisbogen bildet, dessen Mittelpunkt in der Achse des nächstfolgenden Kettenbolzens liegt.

Die Befestigung der Gabeln in der Walze ist immer mit einigen Schwierigkeiten verbunden, wenigstens insofern, als bei der gewöhnlichen Art der Befestigung, welche darin besteht, daß man in die Walze genau und sorgfältig Löcher verbohrt und in diese die Gabeln einschlägt, dieselben selten genau richtig zu stehen kommen, wovon dann die Folge ist, daß die Kette sich leicht festklemmt. Eine sehr gute Befestigung der Gabeln in der Walze schlägt der geheime Oberbaurath Hagen in seinem Werke „Handbuch der Wasserbaukunst, Bd. I.“ vor. Diese Befestigung ist folgendermaßen ausgeführt: es wurde nämlich die eichene Walze, die 1 Fuß breit und eben so stark war, und welche schon vorher auf beiden Seiten starke eiserne Ringe erhielt, in ihrer Mitte in drei Richtungen durchbort und es wurden darauf diese Bohrlöcher viereckig $1\frac{1}{2}$ Zoll breit und 2 Zoll lang sehr genau ausgearbeitet. Jede Gabel erhielt am unteren Ende ein Auge, in welches die Achse paßte. Um aber beim späteren Einstecken der Gabeln zu erreichen, daß ihre sämmtlichen Mittellinien in einer und derselben Ebene fielen, wurden die unteren Enden, worin sich diese Augen befanden, verstellt. Das Einsetzen der Gabeln erfolgte in der Art, daß sie der Reihe nach in die beschriebenen Oeffnungen eingesetzt und demnächst die Achse durch die Augen der sämmtlichen Gabeln hindurchgesteckt und fest in die Walze eingetrieben wurde. Die eingesteckten Gabeln waren zwar hierbei noch lose auf der Achse und sie konnten noch nach vorn und nach der Seite hin bewegt werden, ihre Entfernung von der Achse war aber hierdurch einmal gesichert. Hierauf wurde die Achse in die Pfannen gelegt, so daß sie gedreht werden konnte, und unter fortwährendem Nachmessen der Entfernungen zwischen den einzelnen Gabeln und unter beständiger Prüfung, ob auch die Einschnitte in allen Gabeln genau in dieselbe Ebene fielen, wurden Keile von Buchenholz recht scharf in die Oeffnungen der Walze eingetrieben und hierüber dann noch starke Bleche genagelt.

Wie aus Fig. 131 ferner hervorgeht, so ist hier an jedem vierten Gliede eine Scheibe angebracht, wobei das Kettenglied, welches etwas breiter als die übrigen ist, mit einem Ansatz versehen ist; an diesen Ansatz lehnt sich zunächst eine eiserne Scheibe; darauf folgt ein mit eisernen Ringen beschlagener hölzerner Kloß und hierauf das $\frac{1}{3}$zöllige Leder; auf der anderen Seite des Leders kommt erst wieder der hölzerne, mit eisernen Ringen beschlagene Kloß und darunter die eiserne Scheibe. Das Ganze wird dadurch zusammengehalten,

daß vor der unteren eisernen Scheibe eine Splinte durch das Kettenglied hindurch getrieben ist.

Beim Gebrauch der Kettenpumpe ist darauf zu sehen, daß das Steigrohr wohl befestigt ist und vertical steht, weil sonst zu leicht Beschädigungen an der Maschine vorkommen und ferner auch eine Reibung dadurch hervorgebracht werden kann, daß die Kette an einer Seite gegen die innere Wand des Steigrohrs sich lehnt.

Ein Uebelstand dieser Maschine besteht darin, daß man die Förderungshöhe nicht willkürlich verändern kann. Wiebeking schlägt nun zwar vor, daß man von 2 zu 2 Fuß in dem Steigrohr 3 Zoll weite Oeffnungen bohren solle, von denen man die eine oder die andere öffnet, je nachdem der Strom fällt, wo dagegen die anderen durch einen mit Werg umwickelten Zapfen verschlossen werden; bei geringen Geschwindigkeiten der Kette ist dies wohl zulässig, jedoch bei größeren Geschwindigkeiten ist die Wassermenge, welche herausgefördert wird, zu groß, als daß zu erwarten stände, daß auf solche Art ein vollständiger Abfluß dargestellt werden könnte. Insofern hat diese Maschine aber wieder große Vorzüge, als mit derselben aus dem Sumpfe Sand und sogar feiner Kies heraufgebracht wird, ohne daß im mindesten dadurch ihr Gang gehemmt oder dieselbe dadurch beschädigt wird.

Nach Eytelwein findet man die Wassermenge, welche eine solche Maschine in jeder Minute liefert, wenn man den Inhalt des Wasserkörpers, welcher jedem Fuße von der Höhe des Steigrohrs entspricht, mit der Peripherie der Gabelwalze und der Anzahl der Umdrehungen in einer Minute multiplicirt.

Beträgt daher die Förderungshöhe des Steigrohrs 15 Fuß, die Weite desselben im Lichten 5 Zoll und die Entfernung der Scheiben 50 Zoll, so findet man den Querschnitt des Steigrohrs

$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{25}{144} \cdot \pi = 0{,}136 \;\square\text{Fuß},$$

also den Inhalt eines 50 Zoll langen Wassercylinders von diesem Querschnitt

$$= 0{,}136 \,.\, 4{,}166 = 0{,}566 \text{ Cubikfuß}.$$

Es kommen daher auf jeden Fuß des Steigrohrs $\frac{0{,}566}{4{,}166} = 0{,}136$ Cubikfuß.

Werden nun bei jeder Umdrehung der Walze $4\frac{1}{3}$ Fuß von der Kette abgewickelt und wird in jeder Minute die Kurbel 20mal umgedreht, so hat die Gabelwalze eben so viele Umdrehungen gemacht und man erhält die Wassermenge in jeder Minute

$$= 4{,}333 \,.\, 20 \,.\, 0{,}136 = 14{,}7 \text{ Cubikfuß},$$

wobei aber auf den Wasserverlust, welcher durch die Spielräume verloren geht, durchaus nicht Rücksicht genommen ist. Wie groß aber dieser Verlust ist, stellt sich am sichersten heraus, wenn man diese Rechnung mit denjenigen Resultaten vergleicht, welche Perronet bei Gelegenheit der Beschreibung des Baues der Brücke zu Orleans anführt. Nach demselben wurden mit einer Scheibenkunst von denselben Abmessungen, wie die eben angenommenen, während einer Stunde bei 30 Umdrehungen in der Minute nur 500 Cubikfuß Wasser gefördert, wonach in jeder Minute nur eine Wassermenge von 8,33 Cubikfuß gefördert wurde.

§. 59. Von den Pumpen.

Den im vorigen Paragraphen erwähnten Kettenpumpen reihen sich diejenigen Schöpfmaschinen an, bei denen ebenfalls ein Kolben zur Wasserförderung wirkt, dieser Kolben aber in der fest aufgestellten Röhre sich abwechselnd auf und ab bewegt. Es sind diese Maschinen die Pumpen.

Die gewöhnliche Pumpe (Plumpe oder auch Saugpumpe genannt) besteht aus dem Kolbenrohr (Stiefel), dem Saugrohr, dem Saug- und Kolbenventil, dem Kolben und der Kolbenstange.

Das Kolbenrohr oder der Stiefel ist eine metallene oder hölzerne, rund oder viereckig ausgehöhlte hinlänglich lange Röhre, an welcher sich unmittelbar das Saugrohr anschließt, das mit seinem unteren Theile dann in das Unterwasser eingesetzt wird, welches aus der Tiefe hervorgehoben werden soll. Der untere Theil des Saugrohres ist mit einem Drahtgitter oder sonstigen Flechtwerke umgeben, um alle in dem Wasser treibenden körperlichen Theile von dem Innern des Saugrohrs abzuhalten. Häufig bedient man sich hierzu nur eines gewöhnlichen Korbes, welcher aus Weiden geflochten ist, worin die Pumpe eingestellt wird. Das Saugrohr ist enger als der Stiefel und zwar um so viel, als die Wandstärke des Stiefelkolbens beträgt. Ist die Förderungshöhe nicht bedeutend und beträgt dieselbe nicht über 18 Fuß, so kann man das Saugrohr ganz weglassen und der Stiefel wird dann so weit verlängert, daß derselbe unmittelbar im Unterwasser stehen kann.

Der Kolben besteht, je nachdem der innere Querschnitt des Kolbenrohrs rund oder viereckig ist, aus einem cylindrischen oder viereckigen Schieber von Metall oder Holz, der in seiner Mitte eine einzige Oeffnung hat. Diese Oeffnung wird durch eine Klappe, das Kolbenventil, geschlossen. Unterhalb des Kolbens und zwar im Kolbenrohr ist ein zweites Ventil, das sogenannte Saugventil angebracht; dieses Ventil, so wie auch das Kolbenventil öffnen sich beide nach auswärts.

Wird der Kolben aus Holz angefertigt, wie es bei den gewöhnlichen Pumpen, wovon hier nur die Rede sein soll, immer der Fall ist, so nimmt man hierzu gut ausgetrocknetes Ellernholz. Die Wände des Kolbens werden 1½ Zoll, bei sehr weiten Pumpen aber 2 Zoll stark angenommen. Seine Höhe ist der Breite gleich, jedoch wird letztere so angenommen, daß der Kolben ringsum höchstens ⅛ Zoll Spielraum in dem Kolbenrohr hat. Oberhalb erhält derselbe einen zwei Zoll langen etwas abgeschrägten Einschnitt, um in denselben die Verliederung so annageln zu können, daß das Leder, wozu man am besten Wallroßleder nimmt, so genau wie möglich an die Wände der Kolbenröhre schließt. An der inneren Wandung des Kolbens wird die untere scharfe Ecke abgerundet. Um die Grundfläche des Kolbens wird ein 1 Zoll breites eisernes Band gelegt, durch welches die Gabeleisen von der Kolbenstange gehen. Außerdem wird um den Kolben herum noch ein 1 Zoll breites eisernes Band gelegt, welches aber so viel eingelassen wird, daß die äußere Fläche desselben mit der Seitenfläche des Kolbens bündig wird.

Das Ventil, welches die obere Oeffnung des Kolbens verschließt, besteht aus einer pfundledernen Scheibe, welche vorher in einer heißen Mischung von Talg und Thran gehörig getränkt ist. Auf diese ist ein hölzerner Deckel befestigt, der circa ½ Zoll breiter ist, als die Ventilöffnung. Dieser Deckel erhält eine solche Höhe, daß die lederne Scheibe in ihrer aufrechten Stellung nicht vertical steht, sondern durch den Deckel, welcher sich gegen die Gabeleisen legt, daran verhindert wird. Unter der ledernen Scheibe kommt eine dünne eiserne Platte, die ringsum ⅛ bis ¼ Zoll kleiner ist, als die zugehörige Kolbenöffnung. Diese eiserne Platte wird durch eiserne Nägel mit dem hölzernen Deckel und der ledernen Scheibe verbunden. Das Scheibenleder muß ringsum circa ¾ Zoll breit aufliegen und nur an der Seite, wo dasselbe an den Kolben angenagelt wird, kann es so breit genommen werden, daß es bis an die Verliederung reicht.

Zum Aufziehen des Kolbens dient die Kolbenstange, welche gabelförmig durch den Kolben geht. Diese Kolbenstange wird von Eisen angefertigt.

Des Saugventils ist schon oben Erwähnung geschehen und es soll hier nur noch einiges über die Stelle, wo dasselbe angebracht werden muß, erwähnt werden. Dieses Ventil darf in der Kolbenröhre nicht zu niedrig angeordnet werden, indem hiervon der Effect der Pumpe im hohen Grade abhängig ist. Denn ist das Saugventil weit unter dem niedrigsten Stande des Kolbens und der Hub des letzteren nur kurz, so kann es sich treffen, daß die im Kolbenrohre enthaltene verdünnte Luft bei dem Niedergehen des Kolbens gerade nur so viel, als die äußere atmosphärische Luft zusammengedrückt wird, in welchem Falle dann keine Luft mehr durch die Klappe des Kolbens entweicht, folglich auch kein Wasser steigt. Dieser Raum zwischen dem Kolben an seinem niedrigsten Stande und dem Saugventil heißt gemeinhin der schädliche Raum, und es ist derselbe aus den angeführten Gründen so klein als möglich zu machen.

Es sollen nun noch einige Anordnungen von Pumpen durch Zeichnungen und so weit es erforderlich ist, durch Beschreibungen näher erläutert werden.

Fig. 132 und Fig. 132 A zeigt eine viereckige, aus Bohlen zusammengesetzte Pumpe in der Seitenansicht und im Durchschnitt. Eine solche Pumpe wird, je nach ihrer Weite aus 2- bis 3zölligen harzigen kiehnenen Bohlen zusammengesetzt. Diese Bohlen werden auf derjenigen Seite, welche innerhalb des Stiefels kommt, sehr eben und genau abgehobelt und alsdann, wie in Fig. 133 nach vergrößertem Maßstabe angegeben, zusammengesetzt. Bei dem Zusammentreiben werden die Fugen der Bohlen mit heißem Theer und Pech bestrichen und nachdem, wenn es erforderlich sein sollte, noch mit Werg gedichtet, damit die Verbindung durchaus wasserdicht wird. An dem oberen und unteren Ende der Röhre und in Entfernungen von 3 bis 4 Fuß werden eiserne Schraubenbänder umgelegt, welche, gehörig festgeschraubt, der Röhre eine große Steifheit verleihen. Diese Bänder sind sehr nothwendig, denn durch das fortwährende Auf- und Abgehen des Kolbens in der Röhre, würde diese ohne die erwähnten Bänder sehr bald aus einander gehen, zumal wenn die Bretter nicht in der gehörigen Stärke genommen sind. In Fig. 134 ist ein solches Schraubenband dargestellt. Oberhalb an der Pumpenröhre wird der Ausguß a (Fig. 132)

angebracht. In Fig. 132 A ist b der Kolben mit dem zugehörigen Ventile und der Kolbenstange; c ist das Saug- oder Bodenventil. Zur Befestigung dieses letzteren wird ein Schrauben- oder Splintbolzen durch die Wandungen der Pumpenröhre und des Ventilstocks durchgezogen. Dieser Ventilstock kann aus vier Bohlenstücken von Kiehnholz zusammengesetzt werden, was zur Festigkeit desselben hinreichend ist.

Die Figuren 135 und 135 A zeigen den Kolben nach vergrößertem Maßstabe im Durchschnitt und in der Ansicht von oben und in Fig. 135 B ist nur der zugehörige Kolbenstock dargestellt. In den Figuren 136, 136 A und 136 B ist das Saug- oder Bodenventil im Durchschnitt, in der Ansicht und im Grundriß dargestellt. Diese Figuren bedürfen keiner weiteren Erklärung, indem diese schon oben gegeben ist.

Statt dieser viereckigen aus Bohlen zusammengesetzten Pumpen bedient man sich auch häufig der cylindrisch ausgebohrten, welche ebenfalls aus einem Kolbenrohre bestehen, das an seiner Einflußöffnung mit einem Ventile versehen ist. Die Anordnung dieser ausgebohrten Pumpen ist, abgesehen von der runden Form, mit den viereckigen ganz übereinstimmend, weshalb eine nähere Erläuterung derselben durch Zeichnungen und Beschreibung hier ganz überflüssig ist. Nur das soll noch bemerkt werden, daß der Stamm, aus welchem das Kolbenrohr angefertigt wird, nicht schadhaft oder rissig sein darf. Zur Befestigung desselben werden ebenfalls eiserne Bänder umgelegt.

Nicht häufig ist das auszuschöpfende Wasser auf eine solche Höhe zu heben, daß dazu die bisher beschriebenen Pumpen nicht zureichen sollten. Wenn indessen das Kolbenrohr doch zu lang wird, so kann man, um eine größere Förderungshöhe zu erlangen, das Kolbenrohr noch mit einer Saugröhre verbinden. Es muß aber dann die Einrichtung getroffen werden, daß das Saugventil nicht über 20 Fuß hoch über dem Wasserspiegel des Unterwassers steht. Eben so muß man dann auch aus den oben angeführten Gründen suchen, den schädlichen Raum zwischen dem Kolben und dem Saugventile möglichst zu verringern.

In den Figuren 137 und 137 A ist die Verbindung eines Kolbenrohres mit einem Saugrohre mittelst eines sogenannten Stöckels in der Ansicht und im Durchschnitt dargestellt. Dieser Stöckel wird aus Eichenholz verfertigt und in demselben das Saugventil angebracht. Damit aber dieses Ventil bei Beschädigungen leicht ausgehoben werden kann, ohne den Kolben aus dem Stiefel herausziehen zu müssen, wird in dem Stöckel eine mittelst eines keilförmigen Holzes a dicht zu verschließende Oeffnung angebracht. Findet aber eine solche Anordnung nicht Statt, so muß das Saugventil einen eisernen Bügel erhalten, damit man mittelst einer eisernen mit einem Haken versehenen Stange das Ventil nach oben herausziehen kann. Die Anordnung dieses Stöckels geht genügend aus der Zeichnung hervor und bedarf daher keiner weiteren Erläuterung.

Endlich ist hier noch zu bemerken, daß die Einrichtung der Pumpen so hergestellt werden muß, daß der Kolbenhub wenigstens 3 Fuß betrage.

In den meisten Fällen werden die Pumpen durch Menschen betrieben, seltener durch Pferde und noch seltener durch eine Dampfmaschine. (Es versteht

sich von selbst, daß hier nur vom Gebrauch der Pumpen bei Trockenlegung der Baugrube die Rede ist.)

Werden die Pumpen durch Menschen betrieben, so werden sie gewöhnlich mit Schwengeln versehen, seltener oder fast nie mit Kurbeln. Es läßt sich in diesem Falle aber auch die Anordnung so treffen, daß zwei Pumpen zusammengestellt werden und man zur Bewegung der Kolben sich eines wagerechten Zugbaumes bedient, der in seiner Mitte um eine feste Achse sich dreht und wechselsweise auf- und niedergezogen werden kann. Fig. 142 zeigt eine solche Einrichtung. Hierbei ist nun der Umstand in Erwägung zu ziehen, daß wenn eine Pumpe schadhaft wird, die andere dadurch dann ebenfalls gelähmt ist; oder man muß die Einrichtung so treffen, daß die Kolbenstangen von dem Zugbaume sich leicht loslösen lassen, so daß, wenn eine Pumpe schadhaft ist, nur die Kolbenstange derselben abgenommen zu werden braucht und mit der anderen dann ungehindert weiter gearbeitet werden kann, so daß dann nicht ein doppelter Zeitverlust entsteht.

Sollen bei einem Grundbau zwei oder mehrere Pumpen durch Pferde betrieben werden, so bedient man sich hierzu einer Roßkunst oder eines Pferdegöpels und es kommt dann darauf an, diesen Göpel so einfach wie möglich einzurichten, damit er leicht zusammengesetzt und wieder weggeschafft werden kann. In Fig. 143 ist ein solcher Göpel in der Ansicht und im Grundriß dargestellt.

Auf einem Kreuzgestelle, dessen Schwellen nicht zu kurz sind und mit einander wieder durch Bänder verbunden werden, steht eine Säule a c, die mit in den Kreuzschwellen stehenden tief versetzten Streben stark befestigt ist. Oberhalb ist in die Säule ein drei Zoll starker eiserner Zapfen genau vertical eingelassen, welcher an seinem oberen Ende abgerundet ist. Auf diesem Zapfen ruhen die Zugbäume, woran die Pferde ziehen. Diese Bäume bestehen aus zwei Hölzern, die in der Mitte durch eiserne Bänder und durch Schraubenbolzen fest mit einander verbunden werden. In der Mitte dieser Zugbäume sind zwei metallene Pfannen angebracht, worein der eiserne Zapfen paßt. Die obere Pfanne erhält oben eine kleine Oeffnung; darüber wird das Holz durchbohrt und mit der Oeffnung in der Pfanne correspondirend eine kleine blecherne Röhre durchgesteckt, so daß der Zapfen von oben her die nöthige Schmiere erhalten kann. Die Länge der Zugbäume muß zusammengenommen mindestens 24 Fuß betragen. Oberhalb der Zugbäume wird in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß von der Mitte des Zapfens ab ein 2 Zoll starker eiserner Lenknagel g an den einen Zugbaum befestigt und an demselben eine Lenkstange angebracht. Diese Lenkstange steht entweder in mittelbarer oder unmittelbarer Verbindung mit einem Kunstkreuze. Ersteres findet Statt, wenn die Entfernung des Göpels vom Kunstkreuze über 20 bis 25 Fuß betragen sollte, in welchem Falle dann noch ein Kunstgestänge erforderlich ist. Ist dagegen die Entfernung geringer, so kann die Lenkstange unmittelbar mit dem Kunstkreuze verbunden werden. In vorliegender Zeichnung ist nun der Fall so angenommen, daß noch ein Kunstgestänge erforderlich ist.

Sollen mehrere Paar Pumpen zugleich mit derselben Triebkraft in Bewegung gesetzt werden, so wird die Welle m des Kunstkreuzes verlängert und

erhält dann mehrere Arme, woran die einzelnen Kolbenstangen der Pumpen befestigt werden. Diese Anordnung geht näher aus Fig. 144 hervor und zwar zeigt A die Ansicht der Welle mit dem Kunstkreuze und einem Paar Armen von der Seite, B die Ansicht des Kunstkreuzes und C die Ansicht und Verbindung der Arme.

Bei der Anordnung der Zugbäume ist hauptsächlich darauf zu sehen, daß wenn die Bäume auf dem Zapfen der Säule ruhen und die Lenkstange mit denselben in Verbindung steht, alsdann keiner der Bäume ein Uebergewicht hat, sondern daß die ganze Vorrichtung ihren Schwerpunkt genau in der Achse des Zapfens habe, damit alle Schwankungen vermieden werden, indem dieselben nur nachtheilig und störend auf den Gang der Maschine einwirken würden. Um die Reibung der Zugbäume auf der Säule zu vermindern, wird dieselbe oberhalb mit einer Eisenplatte belegt und an den Seiten der Säule durch heruntergehende Lappen befestigt. Der Boden worauf die Pferde gehen, muß möglichst fest sein, um denselben den Zug zu erleichtern. Das ganze Werk, soweit die Pferde in demselben gehen, wird mit einem leichten Schirmdache überdeckt.

Was die Kunstgestänge betrifft, so bestehen diese aus langen Stangen, die an Schwingen oder Lenker befestigt sind, welche sich leicht hin und her bewegen lassen. Die Einrichtung solcher Gestänge kann zwar sehr mannigfaltig hergestellt werden, da aber dieselben nicht bleibend sind, so sollen hier nur einige der einfachsten Vorrichtungen näher beschrieben werden.

Die Kunststange endigt sich bei dem Kunstkreuze, an welchem die Kolbenstangen der in Betrieb zu setzenden Pumpen befestigt sind, oder auch bei einer Kurbel, wenn die fortgepflanzte Bewegung rotirend sein soll. Die Kunststange wird aus 4 Zoll breitem und 5 Zoll hohem tannenen oder fichtenen Holze hergestellt und aus einzelnen, 20 bis 30 Fuß langen Hölzern zusammengesetzt. Dieses Zusammensetzen muß jedoch so erfolgen, daß die Gestänge weder zusammengeschoben noch aus einander gerissen werden können, und ferner müssen die einzelnen Stücke genau nach einer geraden Linie mit einander verbunden werden.

In den Figuren 145 A und B ist eine Hauptschwinge nach vergrößertem Maßstabe dargestellt; a b ist hier ein Theil der Lenkstange; b d ist die Hauptschwinge, an welcher die Kunststange b c befestigt ist. Fig. 145 C und D zeigt eine Zwischenschwinge in der Ansicht von vorn und von der Seite. Die Figuren bedürfen keiner weiteren Erklärung, indem die Verbindung und Zusammensetzung aus den Zeichnungen genügend zu ersehen ist.

Wird die Richtung eines Gestänges nach verticaler oder horizontaler Richtung gebrochen, so werden an dieser Stelle, wo die Richtung sich ändert, Bruchschwingen angebracht. Im ersteren Falle wendet man dann die sogenannten Zwillinge Fig. 146 A und B und Fig. 147 A und B an; im letzteren Falle bedient man sich dagegen des in Fig. 148 A und B dargestellten Wendebockes.

Es giebt zwar noch mehrfache Arten von Kunstgestängen, die hier aber nicht weiter erwähnt werden sollen, indem das bisher darüber Angeführte vollständig genügt und dieses um so mehr, da derartige Gestänge bei den Schöpfarbeiten, die zur Trockenlegung einer Baugrube erforderlich sind, nie für eine längere Zeit als diese Arbeiten währen, dauern sollen.

§. 60. Die Letestu'sche Pumpe.

Die sogenannten Letestu'schen Pumpen, welche ihren Namen vom Erfinder haben, unterscheiden sich von den gewöhnlichen Pumpen hauptsächlich durch die Anordnung der Kolben. Bei den gewöhnlichen Pumpen wird die Oeffnung des Kolbenstocks durch ein Ventil geschlossen, das sich beim Niedergehen des Kolbens öffnet und so die Luft im Saugrohre entweichen läßt. Bei den Letestu'schen Pumpen muß nun ebenfalls beim Niedergehen des Kolbens die Luft im Saugrohre entweichen und es dringt dann das Wasser nach. Um dieses aber möglich zu machen, erhält der Kolben folgende Einrichtung. An der Kolbenstange ist ein umgekehrter hohler Kegel oder eine umgekehrte hohle vierseitige Pyramide, je nachdem die innere Form des Stiefels rund oder viereckig ist, so befestigt, daß die Stange durch diesen Körper geht und in der Spitze desselben mittelst einer Schraubenmutter daran befestigt ist. In den Wänden dieses Körpers, der von starkem Eisen- oder Kupferblech gemacht wird, sind eine große Anzahl runder Löcher eingeschlagen. Die Größe dieses Körpers oder der obere Umfang desselben muß so groß sein, daß ringsum zwischen demselben und der inneren Wandung des Pumpstiefels ein Zwischenraum von circa ½ bis ¾ Zoll bleibt. In diesem Kegel oder dieser Pyramide befindet sich ein anderer ähnlicher Körper, der aus ½ Linie dickem Leder besteht, der über den Rand des ersteren hinausgeht und sich genau an den Pumpstiefel anlegt. Das Leder ist unten befestigt und zwar gleichzeitig durch die untere Schraubenmutter, welche dasselbe beim Anschrauben fest anklemmt. Die beiden Ränder des Leders, aus welchem der innere hohle Körper gemacht ist, sind da, wo sie zusammenstoßen, nicht zusammengenäht, sondern schief geschnitten und blos über einander gelegt.

Bewegt sich nun der Kolben nach unten, so dringt das Wasser durch die Löcher des blechernen Mantels und durch den Spielraum zwischen diesem und dem Pumpstiefel. Das Leder wird dadurch ebenfalls gehoben und nach der Seite und nach innen gedrückt und das Wasser gelangt so ohne merklichen Widerstand und Kraftverlust über den Kolben. Sobald nun aber der Kolben wieder gehoben wird, so drückt das über demselben befindliche Wasser das Leder wieder nach außen, wodurch dann der innere Raum völlig abgesperrt wird.

Ein namentlicher Vorzug dieser Pumpe besteht auch noch darin, daß dieselbe ohne Schwierigkeit unreines Wasser schöpft, und selbst Kies, der eine solche Größe hat, daß er durch die Löcher des blechernen Mantels geht, wird mit in die Höhe gefördert. Solche Körper können sich dann natürlich auf dem oberen Rande des Leders nicht halten, sondern fallen auf den Boden des Mantels, woselbst sie keine weiteren Beschädigungen hervorbringen und eben so auch den Gang der Maschine nicht stören können, wie dieses namentlich sehr häufig bei den gewöhnlichen Pumpen der Fall ist.

Es sollen hier nun einige Beispiele dieser Pumpen angeführt werden.

Bei dem Bau der Festungswerke von de la Vilette und Aubervilliers

wurden die obengenannten Saugpumpen zum Ausschöpfen des Wassers vielfach zur Anwendung gebracht und es ist in Fig. 138 eine derselben dargestellt.

Dieselbe bestand aus einer Röhre mit zwei Ansätzen und war aus rothem gewalzten Kupfer von 1,38 Linien Dicke angefertigt. Die Stücke waren in gerader Linie mittelst lederner Scheiben und aufgeschraubter Ringe zusammengefugt. In dem Pumpstiefel befanden sich zwei Kolben. Jeder dieser Kolben bestand aus einem hohlen umgekehrten Kegel von starkem Eisenblech (Fig. 140), der mit vielen Löchern durchbohrt war. Die Spitze des Kegels war ein wenig abgeschnitten und endigte in eine cylindrische Dille, durch welche die Kolbenstange ging und an welcher dieselbe mittelst Schraubenmuttern befestigt war (Fig. 139). Der Durchmesser der oberen Fläche des Kegels war um 4½ Linien kleiner als der des Pumpstiefels. In jedem der blechernen Kegel befand sich ein anderer Kegel aus ⅔ Linien dickem Leder, der über den Rand des ersteren hinausging und sich genau an die innere Wandung des Pumpstiefels anlegte. Das Leder war, wie schon oben angeführt, nicht zusammengenäht, sondern schief über einander geschnitten. Der untere Kolben war an die große Kolbenstange a b, Fig. 139, befestigt, welche durch den Hebel h, Fig. 138 und 138 B, in Bewegung gesetzt wurde. Die Stange für den oberen Kolben bestand zunächst aus dem Theile c, Fig. 139, woran der Kolben befestigt war. Dieser Theil der Stange war hohl und es ging die Stange des unteren Kolbens mit geringer Reibung durch ihn hindurch. Mit diesem hohlen Theile c war eine doppelte Stange d, d verbunden und diese wieder mit den beiden Armen des Gabelhebels i in Verbindung gesetzt. Die beiden Hebel h und i waren durch Gelenke (Fig. 138) mit einander in Verbindung gebracht, und vermittelst dieser Verbindung bewegte sich der eine Kolben nach unten, wenn der andere in die Höhe stieg. Die Kolben dienten beim Aufsteigen einander als Rückhaltsventil, welches den Vortheil hatte, daß Hemmungen vermieden wurden und das Aufsteigen des Wassers dadurch ungemein erleichtert wurde. Der Pumpstiefel hatte einen Durchmesser von 11½ Zoll; die Weite des Saugrohrs betrug ⅔ dieser Weite. Der Kolbenhub war 7⅔ Zoll. In Fig. 138 A ist die Zusammensetzung der Saugröhre noch dargestellt.

In den Figuren 149, 149 A und B, Taf. 13, ist noch eine andere Letestu'sche Pumpe in der Seitenansicht, in der Ansicht von oben und im Durchschnitt dargestellt.

Unten sind im Stiefel zwei Oeffnungen, von denen die eine für den Ansatz der Saugröhre bestimmt ist. Dieselbe erhält ein Ventil, welches aus einer Scheibe von Bronze besteht und mit vielen Löchern durchbohrt ist. Darüber ist eine im Mittelpunkte derselben befestigte Lederscheibe angebracht. Die andere Oeffnung, welche dieser gegenüberliegt, ist durch eine Schraubenbüchse verschließbar und dient dazu, um zu dem Ventil gelangen zu können, ohne den Kolben herausnehmen zu müssen.

Der Hub des Kolbens kann hier nicht über 19 Zoll sein, und es stößt die Kolbenstange beim Aufsteigen an ein kupfernes Querstück, welches mit dem Stiefel verbunden ist, und beim Hinuntergehen auf den Boden des Stiefels.

Die zugehörigen Saugröhren hat der Erfinder sowohl von Kupfer als

auch von Leder anfertigen lassen und er giebt den ledernen Röhren den Vorzug, weil sie, wegen ihrer Biegsamkeit, sich leichter nach jeder Richtung bringen lassen. Die Zusammensetzung einzelner Stücke der ledernen Saugröhre geschieht durch aufgeschraubte Ringe. Am unteren Ende wird die Saugröhre mit einer hohlen Kugel von Eisen- oder Kupferblech versehen, in welcher eine große Anzahl Löcher gebohrt sind, um zu verhüten, daß schwimmendes Holz oder dergleichen Gegenstände in die Maschine eindringen können, wodurch jedenfalls augenblickliche Beschädigungen an derselben würden hervorgebracht werden können.

Die Einrichtung des Kolbens ist hierbei eben so, wie schon weiter oben angeführt worden ist.

Aus den Versuchen, die mit diesen Pumpen angestellt wurden, ergab sich, daß das geförderte Wasser niemals weniger als 82 Procent von demjenigen war, welches die Kolben faßten. War dagegen die Förderungshöhe nur gering, so betrug die geförderte Wassermenge sogar 92 Procent und darüber. Die gewöhnlichen Pumpen heben, selbst im besten Zustande, wegen der Fugen, wegen des Spielraums und wegen des zu langen Offenbleibens der Ventile und Klappen, weniger als 80 Procent.

Uebrigens ist es durchaus nicht erforderlich, daß man zu diesen Pumpen sich metallener Pumpstiefel bedient, sondern es lassen sich auch mit leichter Mühe die gewöhnlichen Pumpen, welche oben näher beschrieben wurden, mit den Letestu'schen Kolben versehen.

§. 61. Schlußbemerkungen.

Nachdem wir in den vorhergehenden Paragraphen die verschiedenen gebräuchlichsten Schöpfmaschinen näher beschrieben haben, sollen hier noch einige allgemeine Schlußbemerkungen in Beziehung auf dieselben gemacht werden.

Bei der Beschreibung der einzelnen Maschinen wurden alle speciellen Berechnungen der Effecte derselben vermieden, indem solche Untersuchungen für die Anwendung keinen besonderen Nutzen haben, da sie meistens auf mehr oder weniger willkürlichen und unsicheren Annahmen beruhen. Ueberhaupt kommen in der Praxis zu mancherlei Umstände vor, die in der Berechnung entweder nicht aufgenommen oder doch nicht bestimmt angenommen werden können, weshalb man sich dann damit begnügen muß, einen annähernden Werth dafür in Rechnung zu bringen.

Der reine oder nutzbare Effect der Schöpfmaschine ist nun derjenige, wo bei bestimmter Zeit, Förderungshöhe und Kraft die größte Wassermenge gefördert wird. Hierbei ist aber sehr zu berücksichtigen, daß sowohl die Reibung und andere vorkommende Hindernisse, als auch die größere Höhe, von welcher das Wasser unbenutzt herabfließt, den Effect wieder vermindern. Dieser letzte Umstand läßt sich nun für jede Maschine ziemlich genau annehmen, jedoch für die ersten muß man nach der jedesmaligen Anordnung der Maschine den Werth ungefähr zu schätzen suchen. Um indessen hierbei einen ungefähren Anhaltspunkt zu haben, sollen hier die von Gauthey zusammengestellten Erfahrungen, auf

preußisches Maß reducirt, angeführt werden. Es bezeichnen hier die Zahlen die Effecte, oder die Producte aus den Förderungshöhen in die Anzahl von Cubikfuß Wasser, welche ein Mann an einem Tage durchschnittlich hebt.

Beim Schöpfen mit Eimern	4800,
„ Drehen der Kurbel am geneigten Schaufelwerk	7070,
„ Pumpen	8740,
„ Drehen der Kurbel an der archimedischen Schnecke . . .	9360,
„ Drehen der Kurbel an der Kettenpumpe	12168,
„ Gehen in dem Laufrade mit dem Schneckenrade verbunden	18720.

Hat man nun nur eine geringe Quantität Wasser auf 3 bis höchstens 4 Fuß zu schöpfen, so bedient man sich am zweckmäßigsten zum Schöpfen der Handeimer, weniger aber der Wurfschaufeln, indem in diesem letzteren Falle der Fangedamm zu leicht beschädigt wird und überhaupt auch eine größere Uebung dazu erforderlich ist. Der Wipptrog ist nicht zweckmäßig, indem derselbe zur Aufstellung erstlich eines großen Raumes bedarf und ferner eine zu große Anzahl von Arbeitern dazu erforderlich ist, deren Kräfte aber weit zweckmäßiger beim Schöpfen mit Handeimern zu verwenden sind. Beträgt die Förderungshöhe von 4 bis 10 Fuß, so kann man sich mit Vortheil der Wasserschnecke, der verschiedenen Schöpfräder, der Kastenwerke und des geneigten Schaufelwerks bedienen. Bei noch größeren Förderungshöhen sind die Pumpen, die Letestu'sche Pumpe und die Kettenpumpe sehr passend. Uebrigens ist hierbei noch zu bemerken, daß man in dringenden Fällen den mechanischen Effect durch das Anstellen einer größeren Anzahl Arbeiter möglichst zu steigern suchen muß, ohne darüber erst eine ängstliche umständliche Berechnung anzustellen.

Siebentes Capitel.

Vom Einrammen der Pfähle und deren Tragfähigkeit; vom Pfahlrost und vom liegenden Rost (Schwellenrost); von der Grundsäge.

---

§. 62. Vom Einrammen der Pfähle.

Eine der wichtigsten Arbeiten beim Brückenbau ist das Einrammen der Pfähle, indem diese hier immer große Lasten zu tragen haben. Es ist daher erforderlich, daß sowohl die Langpfähle, als auch die Grund- oder Rostpfähle und namentlich diese letzteren so tief eingeschlagen werden, daß sie entweder mit ihren Spitzen auf Felsen oder doch in so festen Boden zu stehen kommen, daß sie unter der darauf zu legenden Last nicht weiter eingedrückt werden. Beim Einrammen der Pfähle selbst ist aber zunächst darauf zu achten, daß sie möglichst lothrecht eingeschlagen werden. Um dieses ausführen zu können, wird der Pfahl gewöhnlich mittelst eines starken Taues oder einer Kette an die Läuferruthen der Ramme festgeknebelt. Aber dennoch ist dies nicht immer

genügend, indem dadurch der Pfahl nur an seinem oberen Ende gehalten wird, dagegen mit dem unteren Ende nach jeder Richtung ausweichen kann. In solchem Falle kann man manchmal durch das Verstellen der Ramme eine bessere Richtung des einzurammenden Pfahles bewirken und namentlich ist dieses Manöver sehr leicht mit der in Holland sehr gebräuchlichen in Fig. 71, Taf. 7, dargestellten Ramme auszuführen. Sollen die Pfähle nach irgend einer schrägen Richtung eingerammt werden, so muß man auch hier möglichst darauf achten, daß dieselben in der vorgeschriebenen Richtung eingeschlagen werden.

Nimmt der Pfahl aber beim Einrammen eine zu schiefe Richtung an, was daher rühren kann, daß ein großer Stein oder ein sonstiges Hinderniß sich im Grunde befindet, von welchem der Pfahl abgesetzt wird, so ist es zweckmäßiger, den Pfahl wieder herauszuziehen als denselben nach dieser schrägen Richtung noch tiefer einzuschlagen, und man muß dann womöglich den hindernden Gegenstand herauszuschaffen suchen. Ist dies aber nicht möglich, so muß man dicht nebenbei einen zweiten Pfahl einrammen.

Wenn eine oder mehrere Reihen Lang- oder Grundpfähle eingerammt werden sollen, wie unter einem Mittel- oder Stirnpfeiler einer Brücke, so wird gewöhnlich mit den mittleren oder inneren Pfählen der Anfang gemacht und nach und nach bis zu den äußersten gegangen. Hierdurch wird es möglich, daß sich das Erdreich nach und nach nach dem Umfang der Stelle, in welche die Pfähle eingeschlagen werden sollen, drängt und somit die Pfähle tiefer eingeschlagen werden können. Würde man dagegen mit den äußeren Pfählen zuerst anfangen, so würde daraus eine bedeutende Spannung des innerhalb der Stelle befindlichen Erdreichs entstehen, in welches die Pfähle eingeschlagen werden sollen. Diese Spannung würde aber jedenfalls ein tieferes Eindringen der inneren Pfähle verhindern, und es würden somit dieselben früher zum Stehen kommen. Allein es kann sich dann auch sehr leicht ereignen, da die hervorgebrachte Spannung sich mit der Zeit wieder etwas verliert, daß die Pfähle dadurch wieder lose werden und sonach auch der Pfahlrost weniger Festigkeit erhält. Wo dagegen Spundwände vorkommen, findet diese Regel eine Ausnahme, und es müssen dieselben, da sie im festen Boden sich viel weniger genau ausführen lassen, vorher eingeschlagen werden und nachdem erst der Pfahlrost, bei welchem man dann aber auch immer in der Mitte oder im Innern anfängt. Die hierbei entstehende Spannung des Erdreichs findet jedoch hauptsächlich nur in den oberen Schichten Statt, weniger dagegen in den tieferen, festen Erdschichten, weil man selten oder fast nie die Spundwände bis zu solcher Tiefe hinabtreibt, als die Grundpfähle.

Nicht selten kommt es vor, daß man in Felsboden einzelne Pfähle stellen muß; dies geschieht nun freilich nicht, um einen Pfahlrost auf demselben auszuführen, der hier durchaus nicht angemessen sein würde, sondern nur deshalb, wenn im Flußbette unter Wasser auf dem Felsen eine Betonfundirung angebracht werden soll, um Rüstungen darüber erbauen oder auch um die Baustelle einschließen zu können. Wollte man dieses unmittelbar durch Einrammen bewirken und etwa zu diesem Zwecke starke Pfahlschuhe anwenden, so würde man dadurch doch keineswegs seinen Zweck erreichen, indem die Pfahlspitzen nicht

in den Stein eindringen. Es bleibt hier nichts übrig, als vorher hinreichend weite Löcher für die Pfähle vorzubohren und in diese alsdann die Pfähle mittelst einer Handramme einzutreiben. Daß aber diese Pfähle unter sich mit einander gehörig verbunden und abgesteift werden müssen, versteht sich wohl von selbst. Uebrigens ist von dieser Anordnung auch weiter oben schon die Rede gewesen.

Liegt der Felsboden nicht ganz bloß, sondern ist er noch mit weichen Erdschichten bedeckt, so wendet man häufig noch die Rostpfähle an, um die Last des Gebäudes auf den festen Grund zu übertragen, was geschieht, sobald die Pfähle den letzteren erreicht haben. Hierbei kann aber leicht der Fall eintreten, daß die obere Erdschicht nicht mächtig genug ist, um ein Ueberneigen oder gar ein Umstürzen der Pfähle zu verhindern, wie es bei der Brücke zu Tours sich wirklich ereignete. Will man dann die Rostpfähle, welche mit sehr starken Schuhen versehen werden, durch ein kräftiges Rammen noch bis zu einiger Tiefe in den Felsen hineintreiben, so ist dies ein Verfahren, welches im höchsten Grade gefährlich werden kann, indem der auf dem festen und harten Felsboden aufstehende Pfahl von den Schlägen des Rammbärs in weit höherem Grade angegriffen wird, als sonst; ferner ist, wenn alsdann der Pfahl an seinem unteren Ende spaltet oder gar zersplittert, dies während des Einrammens gar nicht zu erkennen, sondern es wird beim Bruche des Pfahles nur ein scheinbar besseres Ziehen während des Rammens bemerkt, welches Ziehen aber nur davon herrührt, daß die Holzfasern sich über einander stauchen.

Sehr bemerkenswerthe Erfahrungen in dieser Beziehung hat man bei Probepfählen gemacht, die man auf der Stelle des rechtseitigen Stirnpfeilers der Brücke von Bergerac einrammte. Es wurden hier 15 Pfähle eingerammt, die mit Ausnahme eines einzigen so weit herabgetrieben waren, daß sie tief genug im festen Boden zu stecken schienen, weshalb man sich zur Anlage eines Pfahlrostes entschloß. Um sich indessen zu überzeugen, ob die Ergebnisse zuverlässig wären, wurde der Grund bis unter das Bett des Flusses ausgegraben. Hier fand sich aber, daß die Ergebnisse nur scheinbar und die Pfähle in verschiedenen Tiefen ganz zerbrochen waren mit Ausnahme des einzigen, der nur auf eine geringe Tiefe hinabzutreiben gewesen war. Die sämmtlichen Pfähle bestanden aus starkem und festem Holze und zwar zehn aus Fichtenholz und die übrigen aus Eichenholz. Sämmtliche Pfähle waren mit schweren Pfahlschuhen versehen gewesen und hierzu hauptsächlich gußeiserne benutzt worden. In Crelle's Journal für die Baukunst, im V. Bande, wo dieser Gegenstand näher beschrieben ist, findet man auch die Zeichnungen der 15 Pfähle, wie selbige nach dem Einrammen gestaltet gewesen waren.

§. 63. Von der Tragfähigkeit der Pfähle.

Das Eindringen eines Pfahls beim jedesmaligen Schlage des Rammklotzes, wonach meistentheils seine Tragfähigkeit berechnet wird, hängt nicht allein sowohl von der Schwere des Rammklotzes und der Höhe, von welcher derselbe herabfällt, ab, sondern auch in einem hohen Grade von der Beschaffenheit des

Bodens. Es ist daher sehr schwierig, wo nicht gar unmöglich, ein allgemein gültiges Gesetz anzugeben, um in bestimmten Fällen danach die Tiefe des Eindringens, so wie auch ferner die Tragfähigkeit des Pfahles genau anzugeben. Wäre man im Stande die Beschaffenheit des Baugrundes für die ganze Tiefe, zu welcher der Pfahl eindringt, genau zu bezeichnen, und zwar sowohl in Bezug auf seine Zusammensetzung als auch in Bezug auf den mehr oder minder lockeren Zustand, und hätte man ferner für alle Veränderungen, die hierbei vorkommen, eine genügende Anzahl von Erfahrungen gesammelt, so würde man aus dem Eindringen des Pfahls unter gewissen Schlägen mit ziemlicher Sicherheit auf die Tragfähigkeit desselben schließen können. Man hat indessen versucht, unter Zugrundelegung bestimmter Voraussetzungen, zwischen der lebendigen Kraft oder der Einwirkung des Schlages des Rammklotzes und dem todten Drucke oder der Einwirkung der späteren Belastung directe Vergleiche anzustellen. Allein diese Versuche haben zu keinem genügenden Resultate geführt, denn die beiden Kraftäußerungen „Schlag und Druck" sind so verschiedener Natur, daß sie unter Umständen wohl gleiche Effecte hervorbringen können, aber im Allgemeinen lassen sie sich gar nicht mit einander in Vergleich stellen. So kann z. B. unter gewissen Umständen der Schlag nur noch eine sehr geringe Wirkung auf den Pfahl äußern, dagegen der Druck diesen Pfahl nach einiger Zeit nicht unbedeutend zum Einsinken bringen, wie dies namentlich beim Thonboden mehr oder weniger der Fall ist.

Man hat aber auch aus den allgemeinen mechanischen Gesetzen Resultate hergeleitet und es soll darüber im Folgenden das Nähere angeführt werden.

Nach den allgemeinen Grundsätzen der Physik ist die Wirkung immer der Gegenwirkung gleich und es muß daher auch die Stoßkraft auf beide sich berührende Körper in gleicher Größe einwirken. Durch die Stoßkraft werden aber Eindrücke hervorgebracht, die, je nachdem die Körper elastisch oder unelastisch sind, sich wieder herstellen oder den Körpern verbleiben. Nimmt man nun an, daß zwei unelastische Körper gegen einander treffen, und ist das Gewicht des stoßenden Körpers $= M$ und seine Geschwindigkeit vor dem Stoße $= C$, ferner das Gewicht des gestoßenen Körpers $= m$, dessen Geschwindigkeit aber $= 0$, so wird die bewegende Kraft offenbar durch das Product MC ausgedrückt. Da nun beide Körper unelastisch sind, so wird der Stoß so lange fortdauern, bis beide Körper dieselbe Geschwindigkeit erlangt haben und gemeinschaftlich mit derselben fortgehen. Bezeichnet dann v diese Geschwindigkeit, so wird die Summe der Bewegung nach dem Stoße $= v(M+m)$ sein; da aber beide Producte einander gleich sein müssen, indem der Körper m eben so viel an Bewegung zunimmt, als der Körper M verliert, so hat man

$$MC = v(M+m)$$

und hieraus $v = \frac{MC}{M+m}$.

Aus dieser Formel folgt unmittelbar, je größer m ist, desto geringer ist die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper M im Augenblicke des Stoßes seine Bewegung fortsetzt.

Sind aber die beiden zusammenstoßenden Körper elastisch und bezeichnen

M und m ihre Gewichte, C, c die Geschwindigkeiten vor dem Stoße und V, v die Geschwindigkeiten beider Körper nach dem Stoße, so wird auch hier wieder die Summe der Bewegungen vor und nach dem Stoße einander gleich sein, oder

$$MC + mc = VM + vm.$$

Da jedoch beide Körper vollkommen elastisch angenommen werden, so wird in dem Augenblicke, wo der Stoß geschieht, der gestoßene Körper fortgeschnellt, er stellt aber den erhaltenen Eindruck sogleich wieder her, eben so auch der stoßende. Es kann daher der Unterschied der Geschwindigkeit, der zwischen beiden Körpern stattfand, nicht vermindert werden, sondern er bleibt sich gleich, es mag nun der Körper M oder m den einen oder anderen an Geschwindigkeit nach dem Stoße übertreffen. In diesem Falle aber, wo beide Körper einander folgen, ist v größer als V, weil der Körper M nicht allein einen Stoß ausgeübt hat, sondern auch zurückgeschnellt ist. Man hat also

$$v - V = C - c.$$

Multiplicirt man diese Gleichung mit m und subtrahirt sie von der oberen, so erhält man nach erfolgter Reduction

$$V = \frac{MC - mC + 2mc}{M + m}.$$

Multiplicirt man dagegen die Gleichung $v - V = C - c$ mit M und addirt sie zu der oberen, so erhält man nach gehörig ausgeführter Reduction

$$v = \frac{mc + 2MC - Mc}{M + m}.$$

Da nun auch hier die anfängliche Geschwindigkeit c des gestoßenen Körpers $= 0$ ist, so hat man also

$$V = \frac{(M - m)C}{M + m}$$

$$\text{und } v = \frac{2MC}{M + m}.$$

Stößt nun ein Körper gegen eine weiche ruhende Masse, die dem Eindringen gleich starken Widerstand leistet, also in gleichen Zeiten ihm gleiche Geschwindigkeiten raubt, so bewirkt dieses eine gleichförmig verzögerte Bewegung; es sind daher die Gesetze der freifallenden Körper hier negativ anzuwenden, weil die Geschwindigkeit in eben dem Maße abnimmt, als dieselbe bei dem freien Falle zunahm.

Bezeichnet nun

N das Gewicht des eindringenden Körpers,

P die Kraft oder den Widerstand, welcher die Geschwindigkeit des Körpers gleichförmig vermindert,

C die anfängliche Geschwindigkeit,

S die ganze Tiefe, zu welcher der Körper eindringt,

v die Geschwindigkeit am Ende der Zeit t und

S′ die Tiefe des eindringenden Körpers am Ende der Zeit t,

so erhält man $S' = Ct - gt^2 . \frac{P}{N}$ und

$$v = C - 2gt\frac{P}{N}, \text{ also}$$

$$t = \frac{C - v}{2g} \cdot \frac{N}{P}.$$

Setzt man nun diesen für t gefundenen Werth in die Gleichung für S', so erhält man

$$S' = \frac{C^2 - v^2}{4g} \cdot \frac{N}{P}.$$

Da aber die Endgeschwindigkeit bei immer tieferem Eindringen zuletzt $= 0$ wird, und daher $S' = S$, so erhält man

$$S = \frac{C^2}{4g} \cdot \frac{N}{P}.$$

Es verhalten sich demnach bei einerlei Figur der eindringenden Körper die Wirkungen der Stöße wie die Quadrate der Geschwindigkeiten multiplicirt mit den Gewichten.

Diese Untersuchungen finden auch beim Einrammen der Pfähle ihre Anwendung. Bezeichnet daher

- M das Gewicht des Rammklotzes,
- h dessen Fallhöhe,
- Q das Gewicht des einzurammenden Pfahls,
- s die Tiefe, in welche der Pfahl bei einem Schlage eindringt,
- P den Widerstand des Erdreichs, welcher dem Eindringen des Pfahls entgegen wirkt,

so wirkt im Augenblicke des Stoßes den Gewichten des Rammklotzes und des Pfahls die beständige Kraft $P - M - Q$ entgegen. Da nun die Geschwindigkeit des Rammklotzes derjenigen gleich ist, welche er bei einem freien Falle durch eine Höhe $h = \frac{C^2}{4g}$ erlangt haben würde, so ergiebt sich die Geschwindigkeit, mit welcher der Rammklotz den Pfahl angreift

$$= C^2 = 4gh.$$

Setzt man nun diesen Werth für C in obige Gleichung für S mit den zugehörigen Veränderungen für P daselbst, so entsteht

$$s = \frac{4gh}{4g} \cdot \frac{M}{P - M - Q} = \frac{hM}{P - M - Q}.$$

Es ist ferner nach Obigem die Geschwindigkeit, welche der fallende Körper dem Pfahle mittheilt oder

$$v = \frac{MC}{M + m}$$

und setzt man nun in die Gleichung $S = \frac{C^2}{4g} \cdot \frac{N}{P}$, den Werth v für C, $M + m$ oder hier $M + Q$ für N und $P - M - Q$ für P, so erhält man die Tiefe, zu welcher der Pfahl bei einem Schlage eindringt, oder

$$s = \frac{M^2C^2}{4g(M+Q)^2} \cdot \frac{M + Q}{P - M - Q} = \frac{M^2C^2}{4g(P - M - Q)(M + Q)}.$$

Da aber h die Höhe bezeichnet, von welcher der Rammklotz herunterfällt um die Geschwindigkeit C zu erlangen, so hat man

$$h = \frac{C^2}{4g}$$

und folglich, wenn man diesen Werth substituirt,

$$s = \frac{hM^2}{(P-M-Q)(M+Q)}.$$

Bei einerlei M, P und Q verhalten sich daher die Tiefen, zu welchen die Pfähle eindringen, wie die Fallhöhen des Rammklotzes oder wie die Quadrate der Geschwindigkeiten desselben. Ferner geht aber auch aus diesem Ausdrucke hervor, daß bei einer Vergrößerung des Gewichts des Rammklotzes der Werth desselben wächst.

Bei diesen Untersuchungen wurde vorausgesetzt, daß die Körper unelastisch seien; nimmt man aber an, daß sowohl der Rammklotz als auch der Pfahl elastisch wäre, so würde der Klotz nach dem Falle zurückschnellen und die Geschwindigkeit, welche der Pfahl erhielte, würde nach Obigem sein

$$v = \frac{2MC}{M+m} \text{ oder hier } = \frac{2MC}{M+Q}.$$

Die in die Erde mit der Geschwindigkeit v eindringende Masse ist alsdann nur $= Q$ und daher

$$s = \frac{v^2}{4g} \cdot \frac{Q}{P-M}$$

oder, wenn man für v den gefundenen Werth einführt,

$$s = \frac{4M^2C^2}{4g(M+Q)^2} \cdot \frac{Q}{P-M} = \frac{4h.M^2Q}{(M+Q)^2.(P-M)}.$$

Innerhalb der beiden gefundenen Werthe für s muß aber der wahre Werth von s liegen, weil sowohl der Rammklotz als auch der Pfahl nur unvollkommen elastisch sind; und da in der Wirklichkeit diese Körper sich mehr den ganz unelastischen als den vollkommen elastischen Körpern nähern, so wird der oben gefundene Ausdruck

$$s = \frac{hM^2}{(P-M-Q)(M+Q)}$$

beibehalten.

In diesem Ausdrucke bezeichnet nun P den Widerstand, welchen die Erde dem weiteren Eindringen des Pfahls entgegensetzt, und es kann daher der Pfahl außer seinem eigenen Gewichte Q noch eine Last P—Q tragen.

$$\text{Aus } s = \frac{hM^2}{(P-M-Q)(M+Q)}$$

findet man sehr leicht

$$P-Q = \frac{hM^2}{s(M+Q)} + M.$$

Weil aber ein Pfahl nie so stark belastet werden darf, als gerade zum Gleichgewicht erforderlich ist, so erhält man diese Belastung, wenn dem Pfahle nur höchstens der vierte Theil der Last auferlegt wird, welche er nach der Formel tragen kann, und es würde sonach für vierfache Sicherheit

$$P - Q = \frac{hM^2}{4s(M+Q)} + \frac{1}{4} M$$

sein, vorausgesetzt, daß der Pfahl sonst eine genügende Stärke hätte, sich unter der Belastung nicht zu biegen.

Hiernach ändert sich alsdann auch der Werth für s und man erhält statt des oben gefundenen hier

$$s = \frac{hM^2}{4(M+Q)(P-Q-M)}.$$

Aus diesen beiden Ausdrücken geht leicht hervor, daß beide Werthe mit einer Zunahme der Höhe und auch mit einer Zunahme des Gewichts des Rammklotzes wachsen, und zwar gewinnt man durch eine nfache Vergrößerung des Gewichts M ungleich mehr, als durch nfache Vergrößerung der Höhe h; und da ferner der Werth von P — Q desto größer wird, je kleiner Q ist, so folgt daraus auch, daß unter sonst gleichen Abmessungen trockene Pfähle leichter einzurammen sind, als frische oder aus grünem Holze verfertigte.

Bei den bisherigen Untersuchungen ist aber offenbar keine directe Vergleichung zwischen der lebendigen Kraft des Stoßes und dem todten Drucke angestellt worden, sondern man sieht den letzteren als den Zug eines Gewichtes an. Betrachtet man aber das Eindringen des Pfahls in den Erdboden näher, so findet dabei ein solches Gegengewicht, wie hier angenommen ist, nicht Statt, sondern es werden die Erdtheilchen, die den Pfahl umgeben, seitwärts gedrängt. Bilden diese nun eine ganz lose Masse, die in jeder Richtung mit Leichtigkeit sich trennt, so kann man obige Resultate wohl mit einiger Sicherheit als genügend ansehen; sobald aber die umgebende Erde eine gewisse Zähigkeit besitzt und sie sich nicht sofort losreißen läßt, sondern hierzu erst einige Zeit erforderlich ist, so treten gleich sehr wesentliche Verschiedenheiten ein und die obigen Resultate verlieren ihren Werth. Diese Zweifel werden durch die Erfahrung vollkommen bestätigt und es fehlt nicht an Beispielen, daß Pfahlroste, die nach obigen oder ähnlichen Resultaten das 10- bis 12fache des Gewichts tragen sollten, womit sie wirklich belastet wurden, dennoch nicht den gehörigen Widerstand leisteten, sondern niedergedrückt worden sind. Ein solches Nachgeben des Baugrundes zeigt sich aber nicht immer gleich, sondern sehr häufig erst später, nachdem der Rost schon längere Zeit hindurch vollständig belastet war.

Perronet führt beispielsweise folgende Rechnung an, welche aus den Mariotte'schen Versuchen hergeleitet ist. Will man wissen, wie schwer der Bär sein muß, um auf einen Lang- oder Grundpfahl, der bereits zum Stehen gebracht ist, einen Druck hervorzubringen, der doppelt so groß als die Last ist, welche derselbe tragen kann, so hat man nur das Gewicht, welches ein Grundpfahl von mittlerer Stärke im Falle des Gleichgewichts tragen kann, mit 1290 zu dividiren, wodurch man die Schwere des Rammklotzes erhält. Allein er führt auch unmittelbar darauf wieder an, daß es sehr schwer und wahrscheinlich sogar unmöglich sei, auf mathematischem Wege irgend ein Verhältniß zwischen todten und lebendigen Kräften, z. B. zwischen dem bloßen Drucke und dem Stoße, aufzufinden. Auch sei dieses nur auf physicalischem Wege und nach

Versuchen geschehen, um ungefähr zu bestimmen, wie groß es angenommen werden könne.

Die angedeuteten Versuche, die Tragfähigkeit eines Grundpfahles aus seinem Eindringen während der letzten Schläge nach einer allgemein gültigen Regel zu bestimmen, kann man sonach als verfehlt betrachten und eben so hat auch der Weg der Erfahrung bis jetzt zu keinem sicheren Resultate geführt. Schon die verschiedene Beschaffenheit des Bodens macht den Gebrauch einer solchen Regel unsicher; denn die Resultate, welche man beim Einrammen von Pfählen in Lehm- oder Thonboden erlangt, sind schon unter sich verschieden, je nachdem der Boden fetter oder sandiger, trockener oder nasser ist, und ganz anderer Art, als wenn der Boden kiesig oder sandig ist. Besteht der Boden nämlich aus Thon oder Lehm, so verursacht die Zähigkeit desselben, wie auch schon oben angeführt, einen großen Widerstand gegen das schnelle Eindringen des Pfahls während des Rammens, indem die denselben umgebende Erde nicht augenblicklich sich losreißen läßt, sondern hierzu einige Zeit erforderlich wird, womit aber dann auch der Widerstand sich verringert und in Folge dessen, wenn auch manchmal erst sehr spät, ein Nachgeben des Baugrundes sich zeigt. Ein ganz anderes Resultat erlangt man beim Einrammen von Pfählen, wenn der Boden sandig ist. Die den Pfahl umgebenden Erdtheilchen werden beim Eindringen desselben mit Leichtigkeit seitwärts gedrängt und verursachen keinen solchen Widerstand, wie dies beim Lehm- oder Thonboden der Fall ist; sie schließen sich aber wieder fester an den Pfahl und verursachen alsdann eine Reibung, welche die Tragfähigkeit des Pfahls nur vermehrt.

Wenngleich auch, wie bereits angedeutet, mit Sicherheit keine Grenze zu bestimmen ist, zu welcher ein Pfahl eingerammt werden muß, um ein gewisses Gewicht tragen zu können, ohne dadurch weiter eingedrückt zu werden, so scheint es nichts desto weniger zweckmäßig, einige Beispiele von bewährten Bauwerken mitzutheilen, welche auf Pfahlroste fundirt worden sind, die durch die auf ihnen ruhende Last nicht weiter eingedrückt wurden.

Beim Fundamente eines Leuchtthurms in Cuxhaven wurden 72 Pfähle verwendet, welche aus Kiefernholz bestanden und eine Länge von 18 Fuß bei einem mittleren Durchmesser von 13 bis 14 Zoll hatten. Dieselben wurden mit einem Rammklotze von 800 Pfund bei einer Fallhöhe von 4 Fuß so lange eingetrieben, bis sie bei einer Hitze von 25 Schlägen nur noch $^1/_2$ Zoll tief eindrangen. Ein jeder einzelne Pfahl hatte später eine Last von circa 25,000 Pfund zu tragen.

Beim Fundamente des neuen Museums in Berlin wurden die Pfähle mit einem 1500 Pfund schweren Rammklotze bis auf 2 bis 3 Zoll Eindringen, bei der letzten Hitze von 25 Schlägen, festgerammt; die Fallhöhe war 4 Fuß. Die mittlere Belastung eines jeden Pfahls beträgt circa 40,000 Pfund. Die Grundpfähle unter dem neuen Packhofgebäude ebendaselbst, von welchen jeder durchschnittlich mit 37,500 Pfund belastet wurde, drangen bei der letzten Hitze von 25 Schlägen mit einem 1500 Pfund schweren Rammklotze bei 5 Fuß Fallhöhe noch $2^1/_2$ Zoll tief ein.

Manger führt ferner in seinen Beiträgen zur practischen Baukunst an,

daß man zu Potsdam Grundpfähle mit einem 9 bis 10 Centner schweren Rammkloze so tief einschlug, daß sie bei der letzten Hitze von 20 Schlägen, bei einer Fallhöhe von 5 Fuß, noch 4 bis 5 Zoll tief eindrangen, und wenngleich jeder derselben eine Last von 26—27,000 Pfund zu tragen gehabt, so sei dennoch in 20 Jahren nicht der geringste Fehler am Bau entdeckt worden.

Bei einem Baue dagegen, wo die Rostpfähle 40 Fuß lang waren und so lange eingerammt wurden, bis sie bei einer Hitze von 20 Schlägen mit einem 1650 Pfund schweren Rammkloze bei einer Fallhöhe von 5 Fuß nur noch 4 Linien eindrangen, fand, obgleich die Belastung eines jeden einzelnen Pfahls nur 43,370 Pfund betrug, dennoch ein Sinken Statt.

Bei den Fundamenten der Brückenpfeiler zu Neuilly wurden 18 Fuß lange eichene Pfähle von 1 Fuß mittlerem Durchmesser verwendet. Dieselben wurden mit einem 1200 Pfund schweren Rammkloze bei einer Fallhöhe von 4 Fuß so lange eingetrieben, bis sie bei der letzten Hitze von 25 Schlägen nur noch ¼ Zoll tief eindrangen. Ein jeder Pfahl wurde mit 105,700 Pfund belastet. Hierbei ist jedoch zu erwähnen, daß der Boden kiesig war und die Pfahlspitzen den Tuff erreichten.

Der Mittelpfeiler der neuen steinernen Brücke bei Tours, welcher zwei 75 Fuß weite, bis auf den dritten Theil dieses Maßes gedrückte Bogen trug, und plötzlich um 4 Fuß 8 Linien gesunken war, stand auf 65 eichenen Pfählen, wovon jeder 7 Fuß 6 Zoll lang und im Mittel 9 Zoll stark war; diese Pfähle standen nach einer Richtung 3 Fuß 10 Zoll und nach der andern 3 Fuß 9 Zoll von Mitte zu Mitte von einander entfernt. Sie waren mit der Spitze ungefähr 6 Zoll tief in den härtesten Boden eingedrungen, mit dem oberen Ende aber standen sie frei und wurden vom Erdreiche nicht gehalten, was wahrscheinlich durch die ganze Höhe der Senkung der Fall war. Bei der näheren Untersuchung fand Perronet, daß die Pfähle durch eine zu große Belastung zerbrochen und umgelegt waren, und zwar in dem Augenblicke, wo das Mauerwerk in den oberen Theilen der auf dem Pfeiler liegenden Bogen beendigt wurde. Diese Belastung betrug nach angestellter Berechnung 10,006,900 Pfund. Auf jedem Pfahle unter dem viereckigen Theile des Pfeilers lagen im Augenblicke vor dem Bruche ungefähr 153,900 Pfund.

Diese angeführten Beispiele bestätigen nur noch mehr, daß über die Tragfähigkeit eines Grundpfahls sich keine allgemein gültige Regel aufstellen läßt; dennoch aber scheint es zweckmäßig, hierüber noch Einiges mitzutheilen.

Woltmann äußert sich in folgender Art über diesen Gegenstand:

„Alle Pfähle eines Fundaments müssen mit einerlei Rammkloz so „lange eingeschlagen werden, bis sie bei einer Höhe von 25 Schlägen „keinen Viertelzoll mehr weichen. Die Fallhöhe des Rammklozes ist „6 Fuß. Wegen der Verschiedenheit des Grundes und der Höhe der „Gebäude, deren Fundamente auf einem Pfahlrost gegründet werden „sollen, muß man auch Rammklöze von verschiedenem Gewichte an„wenden, und zwar beträgt das gewöhnliche Gewicht des Rammklozes „für Grundpfähle 600 bis 700 Pfund. Bei stärkeren und längeren

„Pfählen wird das Gewicht des Rammklotzes vermehrt und zwar je „nach der Beschaffenheit und den Umständen bis zu 1900 Pfund.

In ähnlicher Weise spricht sich auch Perronet darüber aus, nur daß derselbe bei stärkeren und längeren Pfählen das Gewicht des Rammklotzes nicht unter 1200 Pfund und die Fallhöhe zu 4½ Fuß annimmt; auch will derselbe, daß der Pfahl während mehrerer auf einander folgender Hitzen jedesmal nur noch 1 bis 2 Linien eindringe, und nur in diesem Falle könne der Pfahl als hinreichend tief eingerammt angesehen werden.

Sganzin sagt über diesen Gegenstand, daß man einen Pfahl als gehörig feststehend betrachten könne, um eine dauernde Belastung von 25,000 Kilogramm zu tragen, wenn er bei Anwendung einer Kunstramme in einer Hitze von 10 Schlägen mit einem Rammklotze von 600 Kilogramm Gewicht, der 3,6 Meter hoch gehoben wird, nur noch 1 Centimeter weit eindringt, oder wenn er sich bei Anwendung der Zugramme, bei der Hitze von 30 Schlägen mit demselben Rammklotze, der 1,2 Meter hoch gehoben wird, gleichfalls nur um 1 Centimeter senkt.

Wiebeking benutzte bei verschiedenen Grundbauten zum Einrammen der Pfähle zuerst leichtere Rammbären und darnach schwerere. So wurden die Grundpfähle beim Landshuter Wehr zuerst mit einem 570 Pfund schweren Rammklotz eingerammt, bis sie in der letzten Hitze von 30 Schlägen noch bis 52 Linien eindrangen. Darauf wurde ein Rammklotz von 1226 Pfund Gewicht benutzt. Mit diesem rückten bei der ersten Hitze von 30 Schlägen die Pfähle bis 90 Linien ein. Hierdurch wird die Zweckmäßigkeit des oben bei Beschreibung der Rammen angeführten Verfahrens, die Grundpfähle zuerst mit leichteren Rammklötzen einzuschlagen und sie nachdem mit schwereren Rammklötzen bis zum Feststehen einzurammen, vollständig bestätigt.

In Holland, wo es der weiche Grund fast nie zuläßt, den Pfählen einen so festen Stand zu geben, daß sie in der letzten Hitze nur noch wenige Linien ziehen, werden sie auch nie mit so schweren Gewichten belastet. Bei der Schleuse am Nieuwendiep, wo die Länge der Pfähle bei einer Stärke von 10 bis 12 Zoll 30 Fuß war, betrug die Last auf jedem einzelnen Pfahle nur 21,600 Pfund; der Grund bestand hier aus Sand und Thon. Bei der Schleuse am Penningsveer, wo der Grund aus Sand und leichter Erde bestand, betrug die Belastung auf jedem Pfahle nur 11,200 Pfund. Hierbei haben die Pfähle einen Abstand von 24 bis 30 Zoll von einander. Bei den Schleusenbauten am nordholländischen Canale ist der einzelne Grundpfahl mit etwa 25,000 Pfund Gewicht belastet, und dennoch sind die Mauern in der trockenen Docke am Halder theilweise gesunken.

Aus dem Bisherigen stellt sich nun deutlich heraus, wie nothwendig es ist, beim Einrammen von Rostpfählen auf alle Erscheinungen, die dabei vorkommen, aufmerksam zu sein und diese gehörig zu notiren. Es ist daher immer von großem Nutzen Rammregister zu führen, wodurch man nicht allein im Stande ist, gehörigen Nachweis über die ausgeführten Arbeiten zu geben, sondern wodurch der Baubeamte auch gleichzeitig seine Erfahrung bereichert, indem er durch die Führung der Rammregister schon dazu gezwungen ist, alle vorkommenden irgend

erheblichen Umstände, die sich während der Arbeit ereignen, zu notiren. **Perronet** theilt bei Gelegenheit der Beschreibung des Brückenbaues zu Neuilly ein solches Rammregister mit. Jeder Pfahl war auf dem Grundriß mit einer Nummer versehen, welche Nummer auch in das Register verzeichnet wurde.

Eben so giebt auch **Wiebeking** in seiner theoretisch-practischen Wasserbaukunst im dritten Bande mehrere derartige Rammregister und es sollen hier die Resultate des Einrammens der Jochpfähle bei der Augsburger Lechbrücke mitgetheilt werden.

Der eiserne Rammbär wog 12 Centner; die Pfähle waren 3 Fuß tief unter dem Kopfe 18 bis 20 Zoll im Durchmesser stark. Die Pfähle sind in jeder Jochwand von I bis XIII numerirt und es giebt die Tafel die Ordnung an, in welcher die Pfähle nach einander eingerammt worden sind.

Pfähle des rechtseitigen Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahles.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde. Minuten.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde. Secunden.	Anzahl der Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes. Zoll.	Der Pfahl steht in dem festen Grund: Fuß.	Der Pfahl steht in dem festen Grund: Zoll.	Der Pfahl steht in dem festen Grund: Linien.	Der Pfahl rückte in der letzten Hitze: Linien.
I	80	83	7	2400	62	16	1	10	1
II	53	53	14	1522	$60\frac{1}{2}$	13	4	11	2
III	59	57	35	1771	$63\frac{1}{2}$	15	1	$6\frac{1}{2}$	1
IV	60	59	39	1791	59	14	—	1	1
V	55	58	31	1786	60	12	7	1	0
VI	48	46	15	1421	61	12	8	8	0
VII	60	59	54	1872	$60\frac{2}{3}$	12	2	9	0
VIII	88	83	55	2638	$65\frac{1}{3}$	11	10	8	3
IX	90	87	55	2737	$60\frac{1}{2}$	13	5	9	4
X	60	57	56	1724	$64\frac{1}{2}$	12	11	8	6
XI	59	59	21	1778	$68\frac{1}{4}$	12	1	7	0
XII	61	58	52	1829	$70\frac{1}{2}$	11	9	9	1
XIII	82	80	25	2433	62	13	1	2	1

Pfähle des linkseitigen Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahles.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde. Minuten.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde. Secunden.	Anzahl der Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes. Zoll.	Der Pfahl steht in dem festen Grund: Fuß.	Der Pfahl steht in dem festen Grund: Zoll.	Der Pfahl steht in dem festen Grund: Linien.	Der Pfahl rückte in der letzten Hitze: Linien.
I	39	38	17	1157	$68\frac{3}{4}$	14	9	2	2
II	69	50	2	1986	68	16	2	6	2
III	61	61	41	1854	65	12	8	11	1
IV	85	85	49	2545	69	13	2	8	1
V	61	107	57	1988	66	9	2	—	2
VI	96	97	9	2932	68	12	9	9	5
VII	106	103	52	3167	69	12	1	4	2
VIII	46	44	53	1370	$67\frac{3}{4}$	13	6	1	3
IX	48	48	—	1440	$67\frac{1}{2}$	11	9	1	1
X	57	56	24	1698	66	11	7	6	1
XI	47	48	1	1444	71	12	—	6	2
XII	57	57	17	1726	69	12	7	3	1
XIII	54	53	52	1622	66	12	5	6	0

Die Längenmaße beziehen sich hier auf bairisches Maß.

§. 64. Der Pfahlrost.

Im dritten Capitel ist bereits das Nöthige über die Stellung und über die zu bestimmende Entfernung der Pfähle von einander gesagt und es bleibt hier nur noch übrig, die Anordnung des Pfahlrostes selbst zu besprechen.

Bei der Ausführung eines Pfahlrostes ist zunächst Sorge dafür zu tragen, daß derselbe sich fortwährend unter dem niedrigsten Wasserstande befinde, damit er immer mit Wasser bedeckt bleibe und nicht der Einwirkung abwechselnder Trockenheit und Nässe ausgesetzt sei, weil dadurch sehr bald ein Verfaulen desselben herbeigeführt werden würde. Dies ist nun zwar bei Anordnung von Pfahlrosten unter massiven Brückenpfeilern nicht zu befürchten, weil diese, wenn die Fundirung sonst in genügender Weise ausgeführt werden soll, schon selbstredend immer bis unter den niedrigsten Wasserstand angeordnet werden. Nur in den Fällen kann es vorkommen, wenn Futter- oder sonstige Ufermauern aufgeführt werden sollen. Aber auch hierbei ist es durchaus erforderlich, daß man mit dem Roste so tief hinuntergeht, daß die Oberfläche desselben sich mindestens einen Fuß unter dem niedrigsten Wasserstande befinde. Von dieser Regel wird nun zwar sehr häufig abgewichen, indem man annimmt, daß der Boden, sobald er nur vor dem Zutritt der Luft geschützt ist, nicht austrocknet. Besteht der Boden aus Thon oder Lehm, so läßt sich diese Annahme wohl rechtfertigen, indem derselbe die einmal eingesogene Feuchtigkeit an sich hält und sehr schwer austrocknet. Besteht der Boden aber aus humushaltiger Erde, so findet nicht allein eine größere Austrocknung Statt, sondern es wirken dann auch die vegetabilischen in Verwesung übergegangenen Theile der Erde nachtheilig auf das Holz, sobald dasselbe nicht fortwährend mit Wasser bedeckt bleibt.

Was die Construction eines Pfahlrostes betrifft, so werden die Pfähle reihenweise eingerammt und darüber Rostschwellen gestreckt, welche nicht allein mit einem Bohlenbelage bedeckt, sondern zu mehrerer Festigkeit noch durch Zangen mit einander verbunden werden, um ein Ausweichen der Rostschwellen zu verhindern. Die Entfernung der Pfahlreihen von einander und zwar von Mitte zu Mitte gerechnet, richtet sich, wie auch schon in §. 36 angedeutet, nach dem Gewichte der Mauern, die darauf aufgeführt werden sollen und nach der Stärke des Bohlenbelags. Man nimmt diese Entfernung gewöhnlich zu 2 bis 3 Fuß an. Die Entfernung der Pfähle von einander und zwar in jeder Reihe beträgt gewöhnlich nicht über 3 Fuß von Mitte zu Mitte gerechnet, weil man sonst zu den Schwellen gar zu starkes Holz verwenden müßte. Die Pfähle werden jedesmal mit Zapfen versehen, die alle genau in einer wagerechten Ebene liegen müssen. Diese Zapfen erhalten eine Breite von 3 Zoll, eine Länge von 6 Zoll und eine Höhe von 4 Zoll. Diejenigen Pfähle, auf welchen die Schwellen gestoßen werden, erhalten längere Zapfen und man giebt diesen beinahe die ganze Breite des Pfahls zur Länge, um ein Ausweichen der Schwellen nach den Seiten hin zu verhindern. Die auf den Pfählen ruhenden Schwellen, die sich gemeiniglich nach der Länge des Baues erstrecken, weshalb man sie auch Langschwellen nennt, werden nur mit Zapfenlöchern für die

Zapfen der Pfähle versehen, ohne daß sie weiter durch irgend eine andere Vorrichtung mit denselben verbunden oder darauf befestigt werden, indem ein Abheben derselben nie stattfinden kann. Diese Schwellen werden, wo sie zusammentreffen, stumpf gegen einander gestoßen, welches Zusammenstoßen jedoch immer nur auf einem Pfahle geschehen darf. Dieselben werden dann noch durch starke, an den Seiten angenagelte, eiserne Schienen verbunden. Die Nägel zu diesen Schienen, welche eine Länge von 6 bis 8 Zoll bei hinreichender Stärke erhalten, müssen auf den Zug eingetrieben werden, damit die Schwellen in den Stößen dadurch noch möglichst nahe zusammengebracht werden. Ferner müssen diese Schwellen möglichst lang genommen werden, damit man nicht zu viele Stöße erhält; auch müssen dann die Stöße derselben abwechseln, d. h. die Stöße der verschiedenen Langschwellen dürfen nicht auf eine Stelle des Rostes treffen. Die Langschwellen werden, wie bereits erwähnt, wieder unter einander durch eine zweite Lage von Verbandhölzern, welche sie rechtwinkelig kreuzen, verbunden. Diese Verbandhölzer sind die sogenannten Zangen oder Querschwellen. Dieselben werden mit Einschnitten versehen, welche der Stärke der Langschwellen entsprechen. Die Zangen dienen dazu, die Langschwellen im gehörigen Abstande von einander zu erhalten und es werden daher diese letzteren nicht ausgeschnitten, sondern sie behalten ihre volle Stärke. Diese Anordnung ist jedenfalls besser, als wenn man die Zangen auf die Langschwellen verkämmt, indem hierdurch immer, wenn auch nur im geringen Grade, die letzteren geschwächt werden, ohne daß man dadurch ein besseres Zusammenhalten erreicht. Beide Anordnungen sind aus Fig. 155 näher zu ersehen. Die Zangen werden in Entfernungen von 6 bis 8 Fuß von einander angebracht und es ist nicht nothwendig, darauf Rücksicht zu nehmen, daß diese Zangen auf Pfähle treffen. Zwischen den Zangen kommt alsdann der Bohlenbelag, welcher aus 4= bis 5zölligen Bohlen besteht. Die Bohlen werden auf die Langschwellen mittelst großer eiserner Nägel befestigt. Man kann die Zangen auch füglich ganz weglassen, indem sie nur dazu dienen, einem Ausweichen der Langschwellen, insofern es seitwärts erfolgen könnte, entgegenzuwirken und dieselben in immer gleichem Abstande von einander zu erhalten, was aber auch schon durch das Aufnageln des Bohlenbelags auf die Langschwellen hervorgebracht wird.

Bevor der Bohlenbelag aufgelegt und befestigt wird, werden die zwischen den Rostpfählen vorhandenen Zwischenräume, nachdem das lose Erdreich zwischen denselben um mindestens einen Fuß tief ausgegraben ist, entweder mit einem tüchtigen Lehmschlage ausgefüllt, oder es wird der Grund mit einer Handramme, indem man Steinschutt hineinwirft und diesen wegrammt, festgestampft, und bis zur Oberfläche der Langschwellen und mit diesen im Niveau alsdann mit Mauerwerk ausgefüllt, so daß der später aufgelegte Bohlenbelag hierdurch auch gleichzeitig getragen und unterstützt wird. Statt dieser Ausmauerung wollen einige Baumeister die Zwischenräume mit kürzeren und nicht so starken, sogenannten Füllpfählen ausgerammt haben, um das Erdreich zwischen den Hauptpfählen mehr zusammenzudrücken und dadurch ein möglicherweise entstehendes Ausweichen der Pfähle zu verhindern. Es ist aber leicht einzusehen, daß dieser Zweck dadurch nicht erreicht wird, indem die Pfähle nicht in einem völlig

eingeschlossenen Raume eingerammt werden und daher die im Erdreich hierdurch hervorgebrachte Spannung sich nach und nach wieder ausgleicht.

Was die Stellung der Pfähle betrifft, so stehen diese in den einzelnen Reihen gewöhnlich nicht einander gegenüber, sondern sie sind versetzt, wie in Fig. 150 angegeben ist; doch findet man auch manchmal die Stellung der Pfähle so, daß sie sich in den Reihen gegenüberstehen, wie in den Figuren 151 und 152 angedeutet ist.

Bei einer vorkommenden Aenderung in der Richtung des Rostes dienen diejenigen Verbandstücke, welche für den einen Theil Schwellen waren, in dem andern Theile als Zangen.

Die Anordnung eines Pfahlrostes mit seinen verschiedenen Verbandstücken ist aus den Figuren 150 und 151 zu entnehmen.

Manchmal verankert man auch den Pfahlrost dadurch, daß man an der inneren Seite noch einen oder mehrere Pfähle rechtwinkelig auf die Richtung des Rostes einrammt. Diese Pfähle stehen dann mit mehreren Pfählen des Pfahlrostes in einer Richtung und dieselben werden durch eine aufgezapfte Querschwelle mit einander verbunden. Hierbei erhalten die Zapfen eine Höhe, welche der Stärke der Querschwellen gleich ist; diese letzteren werden ganz durchlocht und zwar der Art, daß die zugehörigen Zapfenlöcher sich nach unten verengen, also eine keilförmige Gestalt erhalten. Um dann ein Abheben zu verhindern werden die durchsteckenden Zapfen der Grundpfähle mittelst eichener Keile der Länge nach aus einander getrieben, so daß sie die Zapfenlöcher vollständig ausfüllen. (Fig. 154.) Diese Querschwellen werden so tief gelegt, daß die Langschwellen darüber hinweggehen können und es werden diese dann auf erstere verkämmt. Solche Verankerungen wiederholen sich alle 12 bis 15 Fuß und sind sehr zweckmäßig bei einem abschüssigen Grunde.

Eine andere Anordnung des Pfahlrostes ist in Fig. 152 angedeutet. Die Pfähle, welche in den einzelnen Querreihen sich gegenüberstehen, sind jedesmal durch Querschwellen mit einander verbunden. Alle 8 bis 10 Fuß bilden diese Querschwellen, welche nach der inneren Seite hin verlängert sind und auf dort eingerammte Grundpfähle aufgezapft werden, Anker. Die Zapfen erhalten eine Höhe, welche der Stärke der Querschwellen gleich ist, und diese letzteren werden ganz durchlocht, wie auch schon oben angeführt und in Fig. 154 angedeutet ist. Auf diese Querschwellen werden dann die Bohlen nach der Länge des Baues gelegt und darauf festgenagelt.

In selteneren Fällen bringt man auf diese Querschwellen noch Langschwellen, welche dann auf erstere aufgekämmt werden. Hierauf wird dann der Bohlenbelag der Quere nach gelegt und festgenagelt. Diese Anordnung ist in Fig. 153 dargestellt. Weit besser ist es in diesem Falle jedoch, wenn man die Bohlen zwischen die Langschwellen und zwar nach der Länge derselben legt, wobei die letzteren zwar vorstehen, was aber durchaus nicht nachtheilig ist. Durch eine solche Anordnung wird das ganze Rostwerk nach der Länge sehr vortheilhaft verbunden und dies noch um so mehr, wenn die Langschwellen auf die Querschwellen überschnitten werden, wie im oben erwähnten Falle die Querschwellen (Zangen) auf die Langschwellen überschnitten wurden.

Beim Pfahlrost ist die Anwendung einer Spundwand sehr gewöhnlich und dann sogar nothwendig, wenn derselbe unmittelbar an Ufern und Strömen hergestellt wird, wo Unterspühlungen oder Auskolkungen zu befürchten sind. Man umgiebt den Rost in diesem Falle mit einer dichten Spundwand, damit der Grund, in welchen die Pfähle eingerammt sind, nicht weggespühlt und diese von dem umgebenden Erdreich entblößt werden, was, wenn auch die Pfähle um mehrere Fuß in den festen Grund eingedrungen sind, dennoch immer sehr gefährlich für das darauf aufgeführte Bauwerk werden kann. Da nun die Spundwand nur dazu dienen soll, den Rost zu umgeben, so erhält sie die passendste Stellung außerhalb des Pfahlrostes und es ist zweckmäßig, wenn man dieselbe nicht gar zu nahe an den Pfahlrost bringt, um dahinter noch einen tüchtigen Thonschlag anbringen zu können. Mit dem Einrammen der Spundpfähle muß aber jedenfalls der Anfang gemacht werden, weil sie sonst in einem bereits stark comprimirten Boden nicht leicht regelmäßig und tief genug eindringen würden. Die Spundwand läßt man wenigstens einen Fuß hoch über den Rost hervorragen und versieht dieselbe dann nicht mit einem Fachbaume (die Schwelle, welche gewöhnlich auf der Spundwand ruht und worin der fortlaufende Zapfen am Kopfe der sämmtlichen Spundpfähle eingelassen ist), sondern sie wird vielmehr durch zwei mit einander verbolzte Zangen, die an beiden Seiten dagegen lehnen, zusammengehalten. Ferner läßt man auch die Zangen oder Schwellen, je nach der Construction des Pfahlrostes, so weit vortreten, daß sie bis zur Spundwand reichen und es werden dieselben dort mit einem außerhalb der Spundwand angebrachten Gurte verankert, wie dies Fig. 156 zeigt.

Eine Anordnung, welche in Frankreich sehr üblich ist, besteht darin, daß man die Spundwand mit der äußeren Pfahlreihe verbindet und die Rostpfähle in dieser letzteren mit Nuthen versieht, welche dann als Nuthpfähle schon die Stelle einzelner Spundpfähle vertreten. Hierbei spart man zwar den Fachbaum, indem dieser mit der äußeren Rostschwelle zusammenfällt. Es läßt sich aber dieses nicht rechtfertigen, indem die Spundwand, welche zur Sicherung des Pfahlrostes dienen soll, ihren Einfluß auf die äußere Pfahlreihe schon zum großen Theil verliert.

Bei Herstellung des Pfahlrostes unter einem Brückenpfeiler ist die Anordnung der Schwellen ganz ähnlich, wie oben bereits angeführt wurde, nur daß man hierbei die Zangen häufig fortläßt. Gewöhnlich wird die äußere Umgrenzung des Pfahlrostes dem des später aufzuführenden Brückenpfeilers ähnlich und da die Brückenpfeiler selten in rechteckiger Form errichtet werden, so sollte man auch nur Langschwellen anordnen; um aber dann einen gehörigen Verband der einzelnen Pfahlreihen auch nach der Quere hervorzubringen, würde man sich dazu sehr zweckmäßig der obenerwähnten Zangen bedienen können. Die Hervorragungen derselben vor dem Bohlenbelage würden hier durchaus nicht nachtheilig sein, indem die Zwischenräume bis zur Oberkante der Zangen sehr bequem mit Ziegelmauerwerk ausgefüllt werden können. Außerdem ist es aber hierbei erforderlich, daß die aufzulegenden Bohlen immer in einer Länge bestehen und auf jeder Schwelle mit zwei starken 7 bis 8 Zoll langen eisernen Nägeln festgenagelt werden. Perronet wendete zwar beim

Bau der Brücke zu Neuilly, deren Bau besonders den Ruhm des Erbauers begründete, nur Querschwellen an, wie aus den Figuren 157 und 157 a ersichtlich ist. Auf die äußeren Grundpfähle sind Schwellen gelegt und so mit einander verbunden, daß sie einen geschlossenen Rahmen bilden, der den ganzen Rost umgiebt. Diese Schwellen sind um 4 Zoll höher, als die inneren, so daß ihre Oberfläche in die Ebene des Bohlenbelags trifft, der auf den Querschwellen aufliegt. Der äußere Rahmen ist an seiner inneren Seite mit einem Falze versehen, der dazu dient, die Enden der Bohlen, so wie überhaupt den äußeren Rand des Bohlenbelags zu unterstützen. Um den äußeren Rahmen mit den Querschwellen gehörig zu verbinden, sind die letzteren in den Rahmen schwalbenschwanzförmig eingekämmt und die Enden der äußeren Schwellen gegenseitig überblattet. Eine Spundwand kommt hierbei aber nicht vor.

Gewöhnlich giebt man jedoch den inneren Schwellen dieselbe Höhe, die die äußeren haben, so daß dann die Bohlen parallel mit den letzteren sich über beide erstrecken. Es wird jedoch hierbei die schwalbenschwanzförmige Verkämmung der inneren Schwellen mit der äußeren beibehalten.

Zuweilen ordnet man den Pfahlrost auch in der Art an, wie in Fig. 158 dargestellt ist, welche die Fundirung der neuen London-Brücke zeigt. Hierbei sind auf die Pfähle Querschwellen aufgezapft und darüber alsdann die Langschwellen gestreckt, worauf dann erst der Bohlenbelag aufgebracht ist. Es ist also diese Anordnung ganz ähnlich der in Fig. 153 dargestellten. Meistentheils ordnet man jedoch nur eine Lage Schwellen an.

Fig. 159 zeigt die Anordnung des Fundaments eines Mittelpfeilers der Staines-Brücke über die Themse, wobei die Schwellen nur nach der Quere des Pfeilers gerichtet sind und dieselben sonach nur die kürzeren Dimensionen des Baues zur Länge erhalten. In Fig. 160 ist die Anordnung des Fundamentes einer Kaimauer zu Aberdeen dargestellt, welche Telford erbaute, wobei aber die Zangen ganz fehlen und so die Fundamente unter den schmalen Verstärkungspfeilern mit dem übrigen Fundamente nicht anders verbunden sind, als nur durch die aufgenagelten überstreckenden Bohlen.

In einigen Fällen hat man auch zu den Langschwellen statt starker Hölzer nur Halbhölzer und sogar Bohlen angewendet. Hierbei muß man aber ganz besonders auf die Festigkeit der Ausmauerung zwischen den Pfählen rechnen, indem die Rosthölzer dadurch ihre Hauptunterstützung mit erhalten. Der Bohlenbelag wird hierbei ganz dicht und darüber eine zweite Lage Bohlen, deren Fugen sich mit denen der unteren Lage kreuzen, gelegt. Eine solche Anordnung ist aber keineswegs zu empfehlen, denn man darf die Unterstützung durch das Füllmauerwerk nicht als fest annehmen, indem dasselbe bei einem starken verticalen Druck weit eher nachgiebt, als die Pfähle, worauf die Bohlen mit ruhen. Die Folge hiervon wird sein, daß durch das ungleichmäßige Setzen der Verband in den unteren Schichten des oberen Mauerwerks wesentlich aufgehoben wird.

Eine andere Abweichung von der gewöhnlichen Construction besteht auch darin, daß man den Bohlenbelag fortläßt und das Mauerwerk unmittelbar auf die Rostschwellen und Zangen aufführt, was namentlich bei kleineren Brücken

in Frankreich häufig zur Anwendung kommt. Hierbei werden dann die Zwischenräume zwischen den Pfahlköpfen bis zur Oberkante der Zangen mit Mauerwerk ausgefüllt. Allein auch gegen dieses Verfahren läßt sich einwenden, daß durch das ungleichmäßige Setzen in den unteren Schichten des Mauerwerks der Verband desselben wesentlich aufgehoben wird. Dieses kann um so nachtheiliger werden, weil dadurch möglicherweise ein weiteres Ausspühlen hervorgerufen werden kann.

Man hat auch wohl den Rost ganz weggelassen und das Mauerwerk unmittelbar auf die Pfahlköpfe gestellt, wie dies namentlich bei der Fundirung der Georges-Docks in Liverpool zur Anwendung gekommen ist. Man grub hierbei das Erdreich zwischen den Pfählen 12 Zoll tief aus und füllte die Zwischenräume mit einem Mauerwerk von gut zugehauenen Steinen aus, die in hydraulischen Mörtel versetzt wurden. Dieses Mauerwerk wurde jedoch um circa $1/2$ Zoll höher als die obere Ebene der vollkommen wagerecht abgeschnittenen Pfahlköpfe aufgeführt und wagerecht abgeglichen. Dieses geschah hauptsächlich deshalb, damit das Füllmauerwerk sich unter der späteren Last noch etwas senken konnte, ohne gleich einen leeren Raum unter der eigentlichen Mauer zu bilden. Die untere Schicht der Kaimauer bestand aus besonders starken und großen Platten eines sehr festen Steines und es waren dieselben an der unteren Seite sehr sorgfältig bearbeitet, um möglichst gleichmäßig auf den Pfahlköpfen zu tragen. Diese Anordnung ist in Fig. 162 dargestellt.

Bei Herstellung eines Pfahlrostes, überhaupt jedes Fundamentes, muß immer darauf Rücksicht genommen werden, daß jedesmal in der Richtung, in welcher der Druck dagegen wirkt, von demselben ein hinreichender Widerstand geleistet werde. Dies wird zunächst durch eine möglichst innige und solide Verbindung des ganzen Rostes erlangt; ferner aber erreicht man dieses noch vollkommener, wenn man die verschiedenen Roste unter den einzelnen Theilen des Bauwerks mit einander verbindet, wie es sich z. B. sehr vortheilhaft ausführen läßt bei Rostwerken unter den Widerlagern eines Bogens, wenn nicht andere Umstände solches verhindern. Dieses Verfahren wurde bei einer im Anfange dieses Jahrhunderts bei Latwijk van den Rhijn bei Leyden erbauten massiven Brücke in Anwendung gebracht. Die Brücke hat eine Spannweite von 60 Fuß bei einer Pfeilhöhe von 10 Fuß und die Rostschwellen erstrecken sich von dem einen Widerlager bis zum andern und sind jedesmal unter dem Bogen noch durch zwei Pfähle unterstützt. Auf diesen Schwellen liegt dann der Bohlenbelag auf und dazwischen befindet sich nur eine einzige Zange, welche aber 6 Zoll hoch vorsteht und dadurch einen Stützpunkt gegen den horizontalen Schub des Bogens abgiebt. In den Figuren 161 und 161 a ist diese Anordnung im Längendurchschnitt und im Grundriß dargestellt.

Allein auch in anderer Art können Trennungen entstehen, wie namentlich dieses geschehen kann, wenn Chausseebrücken, die im sumpfigen Grunde auf Pfahlrosten erbaut sind, hohe Aufschüttungen tragen oder solche sich gegen ihre Stirnpfeiler lehnen. Hierbei ist es schon vorgekommen, daß der Rost unter dem Pfeiler aus einander gerissen ist. Die Ursache hiervon liegt unstreitig darin, daß, indem die schweren Dämme in den Boden einsinken, der weiche Untergrund

nach beiden Seiten hin fortgedrängt wird, da aber diese Bewegung von der Mittellinie der Straße nach beiden Seiten hin stattfindet, so schiebt er auch gegen die Pfähle des Rostes, drängt diese aus einander und kann hier dann sogar unter diesen Umständen eine gewölbte Brücke ihrer Länge nach spalten, ohne sich zu senken oder in den Widerlagern zu weichen, wie dies in der That auch schon vorgekommen ist. In solchen Fällen ist es daher ganz zweckmäßig, die äußeren Reihen von Pfählen, anstatt lothrecht, nach schräger Richtung einzurammen, so daß sie die Stelle von Streben vertreten. In England ist dieses Mittel mehrfach angewendet.

Eben so hat man auch in England bei Herstellung des Rostes die sämmtlichen Pfähle desselben schräg eingerammt, wenn die darauf unmittelbar ausgeführten Gebäudetheile später einer starken horizontalen Pressung ausgesetzt werden sollten. Die Pfähle wurden dann in der Richtung eingerammt, welche mit der darauf wirkenden Mittelkraft (die sich aus den horizontalen und verticalen Pressungen zusammensetzt) parallel ist. Fig. 158 zeigt die Fundirung des einen Widerlagspfeilers der neuen London-Brücke, wo die Pfähle ebenfalls nach schräger Richtung eingerammt wurden. Die hier angedeutete Spundwand war gegen den Lehrbogen verstrebt und diente hauptsächlich dazu, zu verhindern, daß die ersten Schichten des Pfeilers herabglitten, welche Gefahr jedoch vollständig aufhörte, sobald der ganze Bogen geschlossen und ausgerüstet war.

In Fig. 163 ist das Profil einer Kaimauer dargestellt, welche die Verbindungs-Docks in Hull umgiebt. Auch hier sind die Pfähle in schräger Richtung eingerammt, um der horizontalen Pressung, welche aus dem Drucke der Erde entsteht, besseren Widerstand leisten zu können.

Ein sehr merkwürdiges Beispiel giebt uns die Fleischbrücke zu Nürnberg. Dieselbe wurde in den Jahren 1597 und 1598 von dem Baumeister Carln von Nürnberg erbaut. Sie bildet einen einzigen flachen Bogen, dessen lichte Spannweite 95 Fuß und dessen Bogenhöhe 14 Fuß beträgt. Die Widerlager ruhen, wie Fig. 164 zeigt, auf lothrecht eingerammten Pfählen, worauf ein Rostwerk liegt; ferner aber stützen sie sich gegen schräg eingerammte Pfähle, die ebenfalls mit einem Rostwerk bedeckt sind. Daß bei dieser Brücke sehr viel Holz verschwendet ist, bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung.

Um den verticalen Druck des Widerlagspfeilers gehörig zu unterstützen, gleichzeitig aber auch der horizontalen Pressung desselben schon im Fundamente gehörig zu begegnen, ist die in Fig. 165 dargestellte Anordnung sehr zweckmäßig. Der Pfahlrost besteht hier nämlich aus zwei Theilen, wovon der vordere Theil wagerecht angeordnet wird und zu welchem daher die Pfähle lothrecht eingerammt werden. Der hintere Theil des Rostes wird dagegen geneigt und es werden die Pfähle nach einer auf die Oberfläche des Rostes rechtwinkeligen Richtung eingerammt. Die Pfahlreihen beider Theile werden durch starke doppelte Zangen nach der Quere mit einander vereinigt. Die Schwellen werden hier der Länge nach auf die Pfähle aufgelegt und zuletzt werden die sämmtlichen Schwellen durch Zangen möglichst mit einander verbunden. Durch eine solide Verbindung sämmtlicher Theile gewinnt ein solcher Rost bedeutend

an Festigkeit und es hört dadurch dann auch die Tendenz des Durchbiegens der schräg eingerammten Pfähle gänzlich auf.

Endlich bleibt noch die Frage zu erörtern übrig, ob es genügt, den Pfahlrost nur so tief zu senken, daß er sicher immer unter Wasser bleibt, oder ob, wenn an der betreffenden Stelle vielleicht eine große Wassertiefe stattfindet, dicht über dem Grunde die Pfähle abgeschnitten werden müssen, wo dann der Rost ebenfalls so tief verlegt werden muß. Daß in dem letzteren Falle die Kosten des Baues und namentlich die für die Schöpfarbeiten in der Baugrube sich sehr vermehren, versteht sich wohl von selbst, zumal wenn die Wassertiefe bedeutender wird und es möchte hiernach vortheilhafter erscheinen, die erstere Anordnung zu wählen. Allein es tritt hierbei alsdann der Umstand ein, daß die Pfähle einmal dem fließenden Wasser ausgesetzt bleiben und dadurch mit der Zeit jedenfalls leiden; ferner aber auch, daß dieselben wegen ihrer freistehenden Stellung sich biegen und möglicherweise sogar brechen können. Um jedoch solche Mißstände zu verhindern, muß man Vorkehrungen treffen, welche darin bestehen, daß man die Zwischenräume zwischen den Pfählen mit irgend einem Material ausfüllt, wodurch die Pfähle gestützt werden. Da aber diese Arbeit unterm Wasser ausgeführt werden muß, so gewährt sie nicht hinreichende Sicherheit; denn die Schüttung, die man daselbst anbringt, kann leicht fortgespühlt und ausgewaschen werden, oder dieselbe setzt sich, so daß sich ein freier Zwischenraum wieder darstellt. Daß daher zu dieser Ausfüllung Erde oder eine bloße Steinschüttung nicht anwendbar ist, versteht sich wohl von selbst. Aber auch dann, wenn man zu dieser Ausfüllung Béton anwendet, ist man durchaus noch nicht sicher, denn wenn auch der Béton von den Unebenheiten und durch die nicht zu vermeidende schräge Stellung einzelner Pfähle getragen wird und somit eine Senkung desselben wohl nicht anzunehmen ist, so ist dennoch immer ein Ausspühlen des Grundes darunter möglich, welches jedoch, wenn sich hier eine wirkliche Strömung bilden und der Grund darunter angegriffen werden sollte, noch viel gefährlicher ist, als wenn der freie Raum sich dicht unter dem Roste befindet. Hiernach ist es immer vorzuziehen, den Rost bis auf den natürlichen Boden zu senken.

Aber dennoch ist man von dieser Regel manchmal abgewichen und es sollen hier einige derartige Beispiele näher angeführt werden.

Wiebeking führt in seinem Werke „Theoretisch practische Wasserbaukunst" folgendes Verfahren an, welches derselbe beim linkseitigen Widerlager der Freysinger Brücke anwendete. In der ganzen Fläche des aufzuführenden Pfeilers und seiner aus Grundpfählen zu machenden Umgebung, wurde zuerst ein Werk von Sinkstücken dergestalt aufgeführt, daß es, nachdem es einige Monate gelegen, sich 3 bis 5 Fuß unter den niedrigsten Wasserstand gesenkt hatte. Durch diesen Bau rammte man die Grundpfähle des Pfeilers und seiner Umgebung bis zum festen Pfahlstande ein und schüttete rund um jeden Pfahl während des Einrammens Kiesel, Sand und Kalk, damit der Faschinenbau, durch welchen er getrieben wurde, eine größere Festigkeit und der Pfahl einen festeren Stand erlangte. Nachdem nun die sämmtlichen Pfähle eingerammt und 4 Fuß tief unter dem niedrigsten Wasserstande abgeschnitten waren, wurde

der Rost darauf gesenkt. Dieses letztere Verfahren ist weiter unten noch näher beschrieben.

Beim Bau der Brücke in Rouen füllte man den Raum zwischen den Pfählen auf 13 Fuß Höhe mit Béton an und umgab darauf das Ganze mit einer losen Steinschüttung. Die Kaimauer am Hafen zu Rouen wurde sogar 36 Fuß über dem natürlichen Boden fundirt. Diesen Bau führte de Cessart aus und zwar in folgender Weise. Zuerst wurde der Boden stellenweise 25 Fuß hoch und allgemein bis 16 Fuß unter dem kleinsten Wasser mit Mergelkalk und Feuersteinknollen, wie sie sich dort überall vorfinden, ausgefüllt und zwar geschah dies noch vor dem Rammen. Hierauf wurden die sämmtlichen Pfähle eingerammt und nachdem dies geschehen und die Pfähle unter Wasser abgeschnitten waren, erfolgte die zweite Schüttung. Hierauf wurden die Caissons versenkt und die Futtermauern aufgeführt. Diese Anordnung geht aus Fig. 166 näher hervor.

Auf der gegenüberliegenden Seite der Seine erbaute Lamandé einige Jahre darauf eine ähnliche Kaimauer. Derselbe brachte aber eine starke Verstrebung zwischen den Rostpfählen an, wie Fig. 167 näher zeigt. Die Streben bestanden hier aus starken doppelten Zangen, die über Wasser mittelst starker eiserner Bolzen zusammengesetzt wurden und so ausgeschnitten waren, daß sie die Oeffnungen für die Pfähle zwischen sich frei ließen. Da jedoch ein hinreichender Spielraum hier erforderlich war, so trieb man endlich die beiden starken Keile noch zwischen die äußeren Pfähle und die letzten Bolzen der unteren Zangen, um jene möglichst fest zusammenzubringen, wodurch die obere Zange in ihren Endpunkten gehörig unterstützt wurde und sehr sicher als Strebe wirken konnte. Hierbei lag die untere Zange auf der natürlichen Böschung des Ufers auf und die spätere künstliche Anschüttung erstreckte sich bis zur oberen Zange.

Es ist jetzt noch übrig, die Methode näher zu beschreiben, nach welcher man den Rost verlegt. Daß dies bei Anwendung freistehender Pfähle ohne einschließende Fangedämme nicht auf die gewöhnliche Art geschehen kann, versteht sich wohl von selbst. Da nun aber der Rost dennoch unter dem kleinsten Wasser liegen soll, so muß man denselben jedenfalls senken. Ist die Wassertiefe, bis zu welcher der Rost gesenkt werden soll, bedeutend, so bedient man sich gewöhnlich der Caissons (Versenkungskasten), wovon weiter unten noch die Rede ist. Ist aber die Tiefe nur gering, so läßt sich die Versenkung des Rostes unmittelbar bewirken und es soll dieses Verfahren näher beschrieben werden.

Nachdem nämlich die Pfähle von Schiffen oder von leichten Rüstungen aus eingerammt und die Zwischenräume zwischen ihnen ausgefüllt sind, werden sie in der bestimmten Tiefe mittelst einer Grundsäge sämmtlich in einer wagerechten Ebene abgeschnitten. Da aber hierbei sehr häufig unter Wasser sehr bedeutende Unregelmäßigkeiten sich vorfinden, indem die Pfähle an der Stelle, wo sie die Rostschwellen tragen sollen, manchmal sehr viel seitwärts stehen und von den Schwellen zum Theil dann gar nicht berührt werden, so hat man, um diesem Uebelstande vorzubeugen, von leichten Rüstungen aus Rahmen gesenkt, die gehörig abgebunden werden und durch die darin befindlichen Riegel

und sonstigen Verbandstücke die einzurammenden Pfähle immer ziemlich genau in der Richtung erhalten, wo die Rostschwellen später versenkt werden sollen. Diese Rahmen müssen stets in einer bestimmten Stellung und Höhe, welche wenig unter derjenigen Höhe beträgt, wo die Pfähle abgeschnitten werden sollen, erhalten werden. Nachdem nun die Pfähle abgeschnitten sind, werden die Zwischenräume völlig bis zur Oberkante der Pfahlköpfe mit Béton angefüllt, zu dessen Behufe man vorher den Pfahlrost mit einem leichten Fangedamme umgiebt. Hierauf werden die Schwellen zugerichtet und allemal an der Stelle, wo dieselben auf einen Pfahlrost treffen, durchbohrt und hier ein starker eiserner Nagel eingesetzt, jedoch so, daß die Spitze in der unteren Fläche der Schwelle nicht vorsteht. Um die Schwelle nun zu senken, bedient man sich eiserner Leitstangen und sobald dieselbe ihre richtige Lage hat, werden die Nägel mittelst eiserner Aufsetzer, die an ihrer unteren Fläche eine kleine Vertiefung erhalten, damit sie von den Nägeln nicht leicht absetzen, in das Hirnholz des jedesmaligen Pfahlkopfs eingetrieben und somit die Schwelle gehalten. Sind aber dennoch die Pfähle nicht gehörig gegen einander gerichtet, so daß die Schwelle beim Senken nicht überall genügend aufliegt, so sondirt man von einer festen Rüstung aus die Stellung jedes einzelnen Pfahls, trägt diese genau auf und sucht dann ein passend gekrümmtes Holzstück aus, woraus die Schwelle dargestellt wird, die alsdann in der beschriebenen Art versenkt und aufgenagelt wird.

Nachdem die Schwellen auf die eben beschriebene Art befestigt sind, werden die Zwischenräume mit Béton angefüllt und bis zur Oberfläche der Schwellen regelmäßig abgeebnet. Hierauf wird dann der Bohlenbelag in großen Tafeln, die gewöhnlich die Breite des ganzen Rostes oder die Länge der Schwellen zur Breite haben, gesenkt, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die Bohlen immer die Schwellen kreuzen müssen. Ferner ist hierbei aber auch noch zu berücksichtigen, daß wenn die Tafeln gestoßen werden, dies immer auf einer Schwelle geschehen muß, damit die Enden der einzelnen Tafeln ebenfalls gehörig unterstützt werden. Um diese Tafeln senken zu können, werden sie mit Steinen beschwert und sobald sie ihre richtige Lage erhalten haben, werden sie auf die Schwellen festgenagelt.

Man kann auch, nachdem die Stellung der Pfähle genau sondirt und aufgetragen ist, einen vollständigen Rost mit Schwellen, Zangen und Bohlenbelag auf dem Lande zusammenzimmern und ihn alsdann im Ganzen senken und mittelst langer eiserner Nägel wieder an die Pfahlköpfe befestigen. Hierbei tritt aber nur der Uebelstand ein, daß die einzelnen Rostfelder nicht mit Béton ausgefüllt werden, sondern gleich zu Anfang schon hohl bleiben und sonach eine Durchströmung des Wassers unter dem Roste sich um so leichter bilden kann. Von dieser letzten Constructionsart hatte Wiebeking Gebrauch gemacht, wobei derselbe voraussetzte, daß die Zwischenräume zwischen den Rostschwellen nach und nach mit dem Material, welches der Strom mit sich führt, ausgefüllt werden würden.

Schließlich soll hier noch ein einfaches Verfahren, Pfähle unter Wasser ab- und Zapfen daran zu schneiden, wie solches beim Bau der Eisenbahn

zwischen Amsterdam und Rotterdam mehrfach zur Anwendung gekommen ist, mitgetheilt werden.

Man bediente sich hierzu eines Kastens aus kiefernen Brettern, der calfatert und vollständig wasserdicht gemacht war. Der Kasten war 6 Fuß $4\frac{1}{2}$ Zoll lang, 4 Fuß 2 Zoll breit und 3 Fuß 2 Zoll hoch. In der Mitte seines Bodens war ein rundes Loch eingeschnitten, durch welches der Pfahl reichlich hindurchgehen konnte. Rund um dieses Loch war ein oben offener Sack aus starkem Segeltuche und mit Leder gefüttert festgenagelt. Dieser Kasten hing an zwei Säulen die über Rollen gingen. Sollte nun ein Pfahl abgeschnitten werden, so brachte man den Kasten auf denselben und senkte ihn durch Gewichte langsam herab. Unten angekommen wurden die Seile um den Sack und den Pfahl scharf angezogen. Darauf schöpfte man mittelst einer kleinen Pumpe das Wasser aus dem Kasten und ein Arbeiter stieg in denselben hinab, krempte den Sack um und schnitt den Pfahl ab und den Zapfen an denselben an. Dieses Verfahrens kann man sich auch bei größeren Tiefen bedienen, nur muß dann der Kasten eine entsprechend größere Höhe erhalten.

§. 65. Vom Schwellenrost, liegenden Rost.

Besteht der Boden, auf welchem ein Gebäude aufgeführt werden soll, aus abwechselnd harten und weicheren Erdschichten, oder ist ein in der Tiefe liegender fester Grund mit zwar weichen aber erdhaltigen Theilen, als Thon, Letten, Triebsand oder Torf überdeckt, welche sich durch den Druck der darauf zu bringenden Gebäudelast bis zu einer solchen Dichtigkeit zusammendrücken lassen, daß nachher kein weiteres Einsinken des Gebäudes zu besorgen ist, so kann man sich manchmal mit Vortheil der liegenden Roste bedienen, wodurch das Abgraben der weicheren Erdschichten erspart und zuweilen die kostbare Anlage eines Pfahlrostes vermieden werden kann.

Ein liegender Rost besteht aus Langschwellen, Querschwellen und einem Bohlenbelage, womit die Langschwellen belegt werden.

Soll ein liegender Rost gelegt werden, so wird zuvörderst der Boden oder der Einschnitt zum Fundamente vollkommen wagerecht abgeebnet. Hierauf legt man die Querschwellen normal auf die Fluchtlinien der darauf später aufzuführenden Mauer in Entfernungen von 3 bis höchstens 5 Fuß von einander, jedoch so, daß ihre Oberflächen in einer vollkommen wagerechten Ebene liegen. Auf diese Querschwellen, welche eine solche Länge erhalten, daß sie auf beiden Seiten der Fundamente um circa 12 Zoll dieselben überragen, werden nach der Richtung der Fluchtlinie der Mauern die Langschwellen aufgelegt. Die Entfernung derselben von einander darf aber nicht über 4 Fuß betragen und gewöhnlich legt man sie nicht weiter als $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuß von Mitte zu Mitte von einander entfernt. Ihre Oberflächen müssen ebenfalls alle in einer wagerechten Ebene liegen.

Was die Verbindung der Langschwellen mit den darunter liegenden Querschwellen betrifft, so werden die ersteren gewöhnlich auf die letzteren aufgekämmt. Besser aber ist es, daß die Querschwellen Einschnitte von 2 bis 3 Zoll Tiefe

erhalten, worin die Langschwellen in ihrer vollen Stärke eingelegt werden. Hierbei dienen dann die Querschwellen als Zangen, welche, wie auch schon beim Pfahlrost angeführt, ein Ausweichen oder Verschieben der Langschwellen nach den Seiten hin verhindern.

Die Stöße der Langschwellen müssen abwechseln, d. h. es dürfen dieselben nicht auf einer Querschwelle sämmtlich zusammengestoßen werden, sondern auf eine Querschwelle muß nur immer ein Stoß kommen. Bei den Zusammensetzungen der Langschwellen hat man ferner dafür zu sorgen, daß der Stoß allemal auf die Mitte einer Querschwelle trifft und man kann dann zur Verbindung derselben entweder eine schwalbenschwanzförmige Verblattung anwenden, oder sie mit dem gewöhnlichen Blatte verbinden, oder sie auch stumpf gegen einander stoßen. In allen drei Fällen müssen die zusammengestoßenen Stücke jedoch immer mittelst eiserner Klammern fest mit einander verbunden werden, um ein Auseinanderreißen dieser Langschwellen zu verhüten. Die durch die Löcher in den Klammern in das Holz einzuschlagenden Nägel müssen auf den Zug eingetrieben werden, um die Hölzer möglichst nahe zusammen zu bringen.

Bevor die Bohlen aufgelegt und befestigt werden, müssen die zwischen den Quer- und Langschwellen entstandenen Zwischenräume bis zur Oberkante der Langschwellen ausgefüllt und diese Ausfüllung tüchtig festgestampft werden. Man kann sich zu dieser Ausfüllung auch des Bétons bedienen, doch gewöhnlich nimmt man dazu Lehm oder Thon. Hierauf werden dann die Bohlen auf die Langschwellen mittelst starker eiserner Nägel befestigt und es erhalten die Bohlen durch die Ausfüllung der Zwischenräume eine nothwendige Unterstützung.

Treffen Scheide- oder Quer- oder Flügelmauern auf Hauptmauern, so müssen die Langschwellen der ersteren über die der letzteren hinübergelegt werden. Man legt dann den Rost unter den Scheidemauern so viel höher als die Dicke des Bohlenbelags beträgt und die oberen Langschwellen werden an den Stellen, wo sie auf die unteren Langschwellen treffen, so tief ausgeschnitten, als erforderlich ist, um sie wagerecht durchlegen zu können; es bilden dann diese oberen Langschwellen Zangen für die unteren und man erreicht hierdurch nicht allein eine Verankerung der Fundamente unter sich, sondern auch noch den Vortheil, daß man die später darauf aufzuführenden Mauern in einem innigen Verbande herstellen kann.

Die nähere Anordnung eines liegenden Rostes ist aus den Figuren 168 bis 173 deutlich zu ersehen und sind daselbst die verschiedenen Ausführungen desselben näher angegeben.

Was die Dimension der zu dem liegenden Roste zu verwendenden Hölzer betrifft, so erhalten die Langschwellen eine Stärke von 8 bis 12 Zoll im Quadrat, je nachdem das darauf aufzuführende Gebäude leichter oder schwerer ist. Die Querschwellen bekommen eine Stärke von 5 bis 9 Zoll zu einer Breite von 6 bis 10 Zoll und es müssen dieselben, wie auch bereits angeführt ist, auf beiden Seiten des Rostes 12 Zoll über die Langschwellen vorstehen. Die Bohlen erhalten eine Stärke von 3 bis 5 Zoll und eine solche Länge, daß sie auf beiden Seiten die Langschwellen ebenfalls mehrere Zoll überragen,

damit der Druck auf die äußersten Langschwellen in der Art wirke, daß ein möglicherweise entstehendes Kanten derselben, wenn auch nur im geringen Grade, möglichst verhindert werde.

Eine andere Construction des Schwellenrostes ist in den Figuren 174 bis 179 angegeben.

Nachdem nämlich der Einschnitt zu dem Fundamente der Hauptmauer nach allen Seiten hin wagerecht abgeglichen ist, werden die äußeren Langschwellen a und b, Fig. 174, gelegt. Diese werden durch Querhölzer c, c, welche schwalbenschwanzförmig mit den Langschwellen verblattet werden, verbunden. Damit aber diese Blätter mehr Tragkraft erhalten, so werden sie mit einer Brüstung versehen, wie in Fig. 177. Diese Querhölzer werden übrigens so tief eingelassen, daß sie eine gleiche Oberfläche mit den Langschwellen haben. Ueber diese Querhölzer werden alsdann parallel mit den beiden Hauptlangschwellen andere Hölzer, d, d, gelegt und zwar mit jenen überschnitten, so daß ihr Vorstand nicht mehr beträgt, als die Dicke des späteren Bohlenbelags. Die Bohlen werden dann ebenfalls nach dieser Richtung aufgebracht und festgenagelt. Treffen Quer- oder Flügelmauern auf Hauptmauern, so werden die beiden äußeren Langschwellen dieser Quer- oder Flügelmauern über die der Hauptmauern überschnitten und an ihren Enden mit einem schwalbenschwanzförmigen Blatte mit der darunter liegenden äußersten Schwelle verbunden. An der Ecke wendet man jedoch den Zackenkamm an. Die Oberkanten dieser beiden Langschwellen liegen mit der Oberkante des Bohlenbelags unter der Hauptmauer im Niveau. Die erst erwähnten, nach der Länge der Hauptmauer gelegten Hölzer d, d, werden dann, wie in Fig. 176 bei f, f zu ersehen ist, mit der inneren Schwelle durch ein schwalbenschwanzförmiges Blatt wieder verbunden. Alsdann werden diese beiden Langschwellen ebenfalls, wie bereits erwähnt, durch Querhölzer vereinigt und darüber werden, je nachdem die Fundamentanlage dieser Quermauer sehr breit oder weniger breit erforderlich ist, zwei oder auch nur ein Langholz parallel mit den äußeren Schwellen überblattet und dann nach der Länge der Mauer die Bohlen auf die Querhölzer und Langschwellen genagelt. Es versteht sich von selbst, daß bevor die oberen Hölzer aufgebracht werden, alle Zwischenräume fest mit Lehm ausgestampft sein müssen und zwar so, daß die einzelnen Hölzer auch durch diese Ausfüllung unterstützt werden. Daß man durch eine solche Anordnung jedenfalls eine sehr gute Verbindung, sowohl nach der Länge als auch nach der Quere erhält, ist ersichtlich; daß aber auch wiederum durch die vielfachen Ueberblattungen das Holz sehr geschwächt wird und überhaupt auch eine solche Construction einen größeren Aufwand an Tagelohn erfordert, liegt ebenfalls ganz klar am Tage.

Bei der Ausführung eines liegenden Rostes ist zunächst dafür zu sorgen, daß derselbe in solcher Tiefe angelegt werde, wo er beständig vom Wasser bedeckt bleibt, indem sonst die Einwirkung der abwechselnden Trockenheit und Nässe ihn sehr bald zerstören und er dann unter der darauf ruhenden Last sehr leicht zerdrückt werden würde, was nur eine neue Veranlassung zur Senkung des Gebäudes abgäbe. Aber dennoch kann es zuweilen eintreten, daß man den Rost nicht ohne einen sehr bedeutenden Kostenaufwand bis auf oder unter

das Grundwasser senken kann; alsdann läßt sich dem Ebengesagten nur einigermaßen dadurch begegnen, daß man die sämmtlichen Theile des Rostes mit Lehm umgiebt und auch nur Lehm zum Ausfüllen der Rostfelder anwendet, indem der Lehm die einmal eingesogene Feuchtigkeit viel länger zurückhält, als jede andere Erdart. Eben so müssen dann auch die unteren Schichten des Fundamentes in Lehm vermauert werden, weil der Kalk nur zerstörend auf das Holz einwirkt.

Wenngleich die Schwellenroste keineswegs so steif sind, daß sie jeder Biegung, welche durch ungleichmäßiges Zusammendrücken des Bodens entsteht, widerstehen können, so fehlt es dennoch nicht an Beispielen, welche zeigen, daß Gebäude, die auf diese Art fundirt wurden, ungeachtet starker Senkungen weder Risse bekamen, noch aus der lothrechten Stellung wichen. Aber dennoch läßt sich hieraus keineswegs mit Sicherheit der Schluß ziehen, daß dieser Erfolg durch Anwendung der Fundirung auf Schwellenroste veranlaßt sei; sondern es mußte nothwendigerweise der Boden schon an sich eine solche gleichmäßige Beschaffenheit haben, daß er unter der darauf drückenden Last überall in gleicher Art nachgab und gleichmäßig zusammengepreßt wurde; eben so mußte auch das Grundmauerwerk schon einen starken inneren Zusammenhang haben, wodurch nur ein mögliches Biegen des Rostes verhindert werden konnte.

Gilly führt in seinem Handbuche der Baukunst mehrere Beispiele an, wo bei Fundirungen von Gebäuden liegende Roste angewendet wurden und diese, ungeachtet starker Senkungen, weder Risse bekamen noch aus ihrer lothrechten Stellung wichen.

Eine der merkwürdigsten Anwendungen des liegenden Rostes wurde beim Bau der großen Seilerbahn zu Rochefort von Blondel ausgeführt (S. l'art de bâtir par Rondelet). Nachdem nämlich die obere Erdschicht, welche aus schwarzer mit Rasen bedeckter Erde bestand, abgeräumt war, fand man eine Thonschicht von 10 bis 12 Fuß Mächtigkeit, welche oben eine große Festigkeit zeigte, nach unten hin aber nach und nach so weich wurde, daß der Grund ein halbflüssiger Schlamm war, welcher sich so tief fortsetzte, daß man gar keine feste Schicht erreichen konnte und daher an die Ausführung eines Pfahlrostes auch nicht zu denken war. Die obere Thonschicht mußte sonach das Gebäude tragen und um diese nicht weiter durch Einschnitte zu den Fundamenten zu schwächen, wendete man einen liegenden Rost an, welcher aus Balken von 10 bis 11 Zoll Stärke bestand, die nur um ihre Dicke in die Thonschicht gesenkt wurden. Dieser Rost erstreckte sich jedoch nicht allein unter sämmtliche äußere Mauern, sondern es wurden noch zur Verbindung der Fundamente der Langmauern Quermauern bis zur Höhe des inneren Fußbodens angeordnet und unter diesen ebenfalls liegende Roste gelegt, deren Langschwellen jedoch auf diejenigen der Roste unter den Langmauern überschnitten waren, so daß nicht allein die Fundamentmauern, sondern auch die Roste unter denselben mit einander verbunden und verankert wurden. Hierauf wurden die übrigen Mauern immer in gleichmäßiger Höhe aufgeführt und wenn sich gleich bei diesem Bau ein Setzen zeigte, so war dieses dennoch sehr gleichmäßig und ohne Schaden für das Gebäude erfolgt.

Häufig umgiebt man den Schwellenrost noch mit einer Spundwand und zwar geschieht dies hauptsächlich darum, daß ein Auswaschen des Grundes und sonach ein Unterspühlen des Fundamentes verhindert werde. Durch die Anordnung einer Spundwand läßt sich indessen ein solcher Zweck nicht mit Sicherheit erreichen, zumal man nicht voraussetzen kann, daß die Spundwand wasserdicht sei. Es können daher die im Grunde vorhandenen Wasseradern die Spundwand durchdringen und sobald dies geschieht ist auch nothwendig ein Ausspühlen der Erde zu befürchten. Aber sobald überhaupt ein Auswaschen oder Auflockern des Grundes zu besorgen ist, wird dies durch die Spundwand nur unmittelbar unter dem Fundamente verhindert, aber keineswegs in dessen nächster Umgebung. Dieses Letztere ist aber eben so nachtheilig wie das Erstere, denn sobald der Grund hier nachgiebt, wird die Spundwand von dem auf der inneren Seite stattfindenden Drucke herausgedrängt werden, in Folge dessen der Rost sich nothwendig senken muß. Außerdem entsteht hier dann auch noch der Nachtheil, daß die Spundwand sich öffnet und somit das Durchströmen von Wasser nicht mehr verhindert. Aber dennoch muß der liegende Rost in manchen Fällen durch eine Spundwand geschützt werden. Hierbei muß dann für den liegenden Rost eben so wie für jede andere Fundirung als Regel gelten, daß überhaupt keine Quellen unter derselben sich hindurchziehen dürfen, wenigstens nicht so nahe unter dem Fundamente, daß ein Ausspühlen zu befürchten ist. Es wird daher dies oft eine Veranlassung, die Fundamente recht tief zu legen.

Die Verbindung des liegenden Rostes mit der Spundwand geschieht in der Art, daß man die äußere Langschwelle beim Einrammen der Spundpfähle als Lehre benutzt. Man darf aber die beiden Theile nicht mit einander fest verbinden, weil der liegende Rost immer noch einer gewissen Senkung ausgesetzt bleibt und diese dann nothwendig unregelmäßig erfolgen würde, wenn sie durch die Verbindung mit der Spundwand zum Theil gehindert würde.

In England weicht man von den bisher beschriebenen Constructionen in manchen Beziehungen wesentlich ab. So fundirte Telford beim Bau der Brücke zu Gloucester über den Severn, wo der Bogen von 150 Fuß Spannung sehr feste Widerlager erforderte, dieselben 18 Fuß unter dem niedrigsten Wasser auf einem groben Kieslager in einer Ausdehnung von 40 Fuß Länge und 37 Fuß Breite. Er ließ zuerst auf dem wohlgeebneten Grunde eine Schicht flacher und lagerhafter Steine ausbreiten und hierüber legte er den Rost, welcher in der einen, wie in der anderen Richtung aus Balken von Kiefernholz bestand, die weniger hoch als breit waren und 3 Fuß von Mitte zu Mitte von einander entfernt lagen. Vierzehn Stück derselben von 37 Fuß Länge wurden senkrecht gegen die Richtung des Stromes verlegt und quer darüber kamen 13 andere Balken von 40 Fuß Länge. Beide Lagen wurden bis zur Hälfte überschnitten, so daß sie unten sowohl wie oben bündig waren; die viereckigen Oeffnungen, welche etwas über 2 Fuß im Quadrat waren, wurden mit Bruchsteinen sorgfältig ausgemauert und darüber kam dann ein vierzölliger Bohlenbelag von Buchenholz, der auf dem Roste vernagelt wurde.

Folgende Construction wählte Hughes beim Bau einer Schleuse auf dem North-Walsham- und Durham-Canale in Norfolk. Der Boden bestand hier

aus Moorerde, worin sich Sandadern und Kieslager vorfanden, die in allen Richtungen das Wasser zudringen ließen und den Boden so erweicht hatten, daß mit leichter Mühe eine eiserne Stange bis auf 28 Fuß Tiefe eingestoßen werden konnte. In dieser Tiefe fand sich erst ein festerer Untergrund vor. Um aber die Kosten des Baues durch Anwendung eines Pfahlrostes oder durch Senkung des Fundamentes bis auf den festen Grund, nicht bedeutend zu vermehren, wurde ein liegender Rost angeordnet. Man benutzte hierzu Kiefernhalbholz von 1 Fuß Breite und 6 Zoll Höhe. Die Hölzer wurden nach der Quere der Schleuse und in einem lichten Abstande von 3 Fuß von einander auf die Sohle der Baugrube gestreckt. Die Länge dieser Hölzer betrug, da sie bis unter die Strebepfeiler reichen mußten, 32 Fuß. Auf diese Hölzer nagelte man unmittelbar den dreizölligen Bohlenbelag und rammte einige Reihen Spundwände vor und hinter dem Roste ein. Die Spundpfähle drangen nie tiefer ein als 15 Fuß und oft nur 9 bis 10 Fuß und wenn die Arbeit auch nur sehr kurze Zeit unterbrochen war, so ließen sich dieselben gar nicht weiter einrammen und man konnte sie dann auch nicht wieder herausziehen.

Eine andere Construction des liegenden Rostes wandte Telford beim Bau der Tewkesbury-Brücke über den Severn an. Das eine Ufer bestand nämlich aus einem festeren Boden, so daß ein Pfahlrost, der auf der andern Seite gewählt wurde, hier nicht nöthig schien. Es wurde daher hier ein liegender Rost gewählt; derselbe bestand aus einer Lage Halbholz von 6 Zoll Stärke, welches dicht schließend auf den geebneten Boden der Baugrube verlegt wurde und zwar so, daß die einzelnen Stücke die Achse der Brücke unter einem Winkel von 45 Grad schnitten. Hierüber kam noch eine ganz gleiche Lage, welche aber die erstere unter einem rechten Winkel kreuzte. Beide Lagen wurden durch eiserne Nägel mit einander verbunden und der ganze Rost auf der dem Flusse zugekehrten Seite mit einer Spundwand umgeben.

Wenngleich auch bei manchen größeren Bauten der liegende Rost in Anwendung gebracht worden ist, so ist man doch in neuerer Zeit mehr davon zurückgekommen und zwar giebt man jetzt der Fundirung auf Béton den unbedingten Vorzug, indem hierbei durchaus kein Zusammendrücken zu befürchten ist, welches doch bei Anwendung eines Rostes möglicherweise nach vielen Jahren noch eintreten kann. Außerdem kann das Mauerwerk auch in innigere Verbindung mit dem Béton gebracht werden.

Ueber die Fundirung auf Béton ist weiter unten ausführlicher die Rede.

§. 66. Die Grundsäge.

Ist die Baugrube mit einem dichten Fangedamme umgeben und wird dieselbe durch Anwendung von Schöpfmaschinen trocken gehalten, wenigstens bis zu einer gewissen Tiefe, so kann man die eingerammten Rostpfähle sehr bequem mit den gewöhnlichen Sägen abschneiden und zugleich auch die Zapfen daran herstellen. Ist aber die Baugrube nicht mit einem solchen Fangedamme umgeben, so müssen die Pfähle schon in der bestimmten Tiefe unter Wasser horizontal abgeschnitten werden. Ist diese Tiefe nur gering, so kann man sich des in

§. 64 angedeuteten Verfahrens mittelst eines wasserdichten Kastens, welcher den abzuschneidenden Pfahl umgiebt, bedienen; sobald aber diese Tiefe größer ist, reicht dieses Verfahren nicht mehr aus, sondern man muß sich dann der Grundsäge bedienen. Ist es nun der Fall, daß die Pfähle nur beseitigt werden sollen und ein Ausziehen derselben zu viele Schwierigkeiten verursachen würde, so kommt es auch eben nicht darauf an, daß der Schnitt ganz horizontal geführt werde und man kann hierbei eine auf eine gewöhnliche Art eingespannte Säge, mit zwei längeren Stielen versehen, gebrauchen. Die Säge wird dann durch ein Zugseil oder durch eine Zugstange an den abzuschneidenden Pfahl angedrückt. Man versieht auch wohl die eingespannte Säge nur mit einem längeren Stiele, ähnlich wie in Fig. 180 angedeutet ist; allein wenn man auch seinen Zweck dadurch erreicht, so ist doch nicht zu verkennen, daß die Arbeit schwieriger ist als im ersteren Falle. Soll ein Pfahl abgeschnitten werden, so versteht sich von selbst, daß der Pfahl so weit freistehen muß, daß die Säge weder gegen den Boden noch gegen andere Pfähle anstößt. Um das Klemmen der Säge zu verhüten, muß dieselbe sehr stark geschränkt sein; ferner aber muß auch der abzuschneidende Theil des Pfahles angehängt werden, damit er beim Abschneiden nicht auf die Säge drücken kann. Eben so darf auch die Zugleine nicht zu scharf angezogen werden, indem es im Ganzen weniger darauf ankommt, die Arbeit so sehr zu beschleunigen, als vielmehr alle Zufälligkeiten zu vermeiden, wodurch der Apparat beschädigt und verbogen und dadurch die Arbeit dann verzögert werden könnte.

Sollen dagegen Rostpfähle in einer bestimmten Tiefe genau und ganz horizontal abgeschnitten werden, so läßt sich der erwähnte einfache Apparat dazu nicht mehr benutzen, sondern es muß alsdann die Säge viel fester aufgestellt und in ein Gatter eingespannt werden, welches sich genau horizontal richten und in die verlangte Tiefe bringen läßt. Es ist einleuchtend, daß man hierzu ein festes Gerüst nicht entbehren kann. Im Folgenden sollen nun mehrere Grundsägen näher beschrieben werden.

Eine bis zu circa 6 bis 7 Fuß Tiefe unter Wasser zum Absägen der Pfähle passende Einrichtung ist in den Figuren 181, 181 A und B dargestellt. Das Schwellwerk a, a dieser Maschine wird an den Holmen d, d feststehender Pfähle befestigt. Auf die Schwellen a, a werden zwei andere Schwellen b, b gelegt, auf welchen dann die Schwellen c, c liegen, durch welche das Sägegatter e, e geht, welches mittelst eiserner Vorsteckbolzen höher oder niedriger gestellt werden kann. Ueber die Rollen f, f gehen Seile, die mit der Säge h, h verbunden und woran Knebel g, g angebracht sind, um mittelst wechselseitigen Herunterziehens derselben die Säge in Bewegung zu setzen. Damit das Sägegatter dem Pfahle allmälig näher gebracht werden kann, ist die Schwelle c, c auf den Querschwellen b, b beweglich und wird mittelst des Haspels k, k durch die Stricke k l angezogen. Die übrige Einrichtung dieser Maschine ergiebt sich aus den Zeichnungen und bedarf sonach keiner weiteren Erklärung.

In den Figuren 182 und 182 A ist eine Vorrichtung dargestellt, welche bei Erbauung der Brücke zu Berry au Bac zum Absägen der Pfähle unter

Wasser angewendet wurde. Zwei etwas hochkantige jedoch nicht starke Holzstücke von 9 Fuß Länge sind mittelst zweier Riegel in einem Abstande von 3 Fuß von einander befestigt und es bildet diese Verbindung den verschiebbaren Rahmen; unter den Riegeln ist eine kreuzförmige Verstrebung aus Schmiedeeisen befestigt und durch diese greifen die beiden Schienen hindurch, an deren unteren umgebogenen Enden das Sägeblatt festgenietet ist. Um dasselbe gehörig anspannen zu können, werden die oberen Enden der Schienen durch Schrauben zusammengezogen. Um ferner ein Verbiegen der Schienen nach den Seiten hin zu verhindern, was leicht in Folge des starken Andrückens an den Pfahl eintreten könnte, ist noch jede Schiene durch zwei Zugbänder an den Rahmen befestigt, wie aus Fig. 182 A näher zu ersehen ist. Diese ganze Vorrichtung war beweglich und zwar insofern, daß der untere Rahmen auf dem Gerüste hin- und hergeschoben und gleichzeitig auch gegen den Pfahl angedrückt werden konnte. Mit dieser Vorrichtung wurden durch vier Mann an einem Tage 16 bis 18 Pfähle abgeschnitten und zwar erfolgte der Schnitt etwa 5 Fuß unter dem Wasser.

Aehnlich der eben beschriebenen Maschine war auch diejenige, welche beim Brückenbau von Choisy gebraucht wurde. Hierbei waren statt der eisernen Schienen, woran die Säge befestigt war, hölzerne Rahmschenkel benutzt, die in ihrer Mitte mit dem verschiebbaren Rahmen verbunden waren. An den unteren Enden derselben war die Säge befestigt und um dieselbe spannen zu können, war oberhalb eine eiserne Stange angeordnet, woran an beiden Enden Schrauben, die eine rechts und die andere links, angeschnitten waren.

In Fig. 183 ist eine eigenthümliche Vorrichtung zum Absägen der Pfähle dargestellt, welche bei den Rheinstromcorrectionsarbeiten bei Straßburg zur Anwendung kam. Das Sägeblatt ist hier nämlich in einen festverbundenen Rahmen eingespannt, der um einen Bolzen b pendelartig schwingt und durch zwei Zugstangen c und f hin und her bewegt wird, wobei dann die Säge den Pfahl durchschneidet. Für das gehörige Andrücken der Säge gegen den Pfahl braucht hierbei nicht besonders gesorgt zu werden, indem dies durch die Zugstangen selbst schon bewirkt werden kann. Der zu berücksichtigende Umstand hierbei ist aber, daß die nothwendig eintretende Krümmung des Sägeblattes sehr leicht ein Klemmen verursachen kann, welchem sich nur dadurch vorbeugen läßt, daß man den Rahmen recht hoch macht und ihn nur sehr kurz ausschwingen läßt. Im obigen Falle betrug die Höhe des Rahmens 7½ Fuß.

Eine sehr complicirte Maschine zum Absägen der Pfähle unter Wasser wendete Etheridge beim Bau der Westminster-Brücke zu London an. Dieselbe ist in Eytelwein's practischer Anweisung zur Wasserbaukunst näher dargestellt und wir wollen uns darauf beschränken, dieselbe hier nur im Allgemeinen zu beschreiben, weil von derselben später kein weiterer Gebrauch wieder gemacht ist. Die Rüstung der Maschine war von Schmiedeeisen und es wurde dieselbe von oben neben dem abzuschneidenden Pfahle heruntergelassen und an denselben befestigt; außerdem blieb sie aber auch noch im Hebezeuge hängen. Die Säge war in ein Gatter befestigt, das sich mittelst 4 Leitstangen hin- und herschieben ließ. An diesem Gatter waren Seile befestigt, die über Rollen geführt und

abwechselnd angezogen wurden, wodurch eine hin= und hergehende Bewegung entstand. Ferner war der ganze Rahmen, der die Leitstangen umfaßte, ebenfalls beweglich und zwar ließ er sich in einer Richtung verschieben, die normal auf die Richtung der Säge war, um das Vorrücken der Säge gegen den Pfahl bewirken zu können. Zu diesem Behufe waren an dem Rahmen zwei Seile befestigt, die über Rollen geführt und oberhalb mit einem passenden Gewichte beschwert waren, um eine fortwährende Spannung derselben zu erhalten, so daß die Säge immer gegen den Pfahl gepreßt war und in demselben Maße vorrückte, wie sie in den Pfahl tiefer einschnitt.

Eine andere Maschine, die auch später noch mehrfach zur Anwendung gekommen ist, richtete de Cessart bei seinen Fundirungen in Caissons und zwar zuerst bei der Brücke zu Saumur ein. Fig. 184 zeigt diese Maschine in der Ansicht von vorn und Fig. 184 A im Grundriß.

Auf den Holmen der Rostpfähle laufen die Rollen a, welche den Schlitten tragen. Dieser ist aber wieder mit einer Querbahn versehen, auf welcher die Rollen b laufen, die den zweiten Schlitten tragen. Auf dem letzteren ist der Apparat befestigt, so daß derselbe also mit Leichtigkeit nach beiden Seiten hin verstellt werden kann. Vier Hängeeisen c, welche an ihrem oberen Ende mit Zähnen versehen sind und in Getriebe greifen, reichen von dem Gestelle des zweiten Schlittens herab. An den Achsen der erwähnten Getriebe befinden sich Räder, die jedesmal durch ein zweites Getriebe und Kurbel verstellt werden können. Diese Vorrichtung ist an jedem der vier Trageeisen angebracht und sonach kann man den starken eisernen Rahmen, woran die Säge befestigt ist, beliebig heben und senken und ihn auch genau horizontal einstellen. Dieser Rahmen ist gitterförmig aus Eisenstangen gebildet und in allen Durchkreuzungen vernietet; in den vier Ecken wird derselbe mit Platten von starkem Eisenblech bedeckt. Um alles Schwanken des Rahmens zu verhindern, ist unterhalb der Säge noch eine Zange angebracht, welche den Pfahl daselbst faßt und von der jeder Arm d an seiner Drehungsachse befestigt ist. Diese Drehungsachsen verlängern sich aber bis über den Schlitten, wo sie in einer zweiten Pfanne liegen und oben mit Hebeln versehen sind. Wenn sonach diese Hebel in der passenden Richtung gedreht und alsdann recht steif angebunden werden, so faßt die Zange sehr sicher den Pfahl und nimmt dadurch eine feste Stellung an, die das Schwanken des ganzen Rahmens nothwendig aufhebt. Bei der beim Bau der Westminster-Brücke gebrauchten Säge war dies nicht der Fall, sondern es wurde dabei der Apparat nur gegen den oberen Theil des Pfahls befestigt.

Die Säge ist, wie aus Fig. 184 A hervorgeht, in einen starken Bügel eingespannt. Dieselbe wird durch die mit Schlitzen versehene Bahn e f geführt und sie erhält die abwechselnde Bewegung durch die beiden Hebel ghi, die sich um die Achsen h drehen. Die Arbeiter stehen auf dem Gerüste und schieben oder stoßen die Handhaben k, wodurch die gebrochenen Zugstangen kl abwechselnd nach der einen und der anderen Seite bewegt werden. Durch diese Bewegung wird das gleichseitige in sich verbundene Dreieck, dessen Spitze m nach unten gekehrt ist, gleichfalls hin= und hergezogen. Der Zapfen in m greift aber in einen vertical gerichteten Schlitz im Rahmen no ein, wodurch

auch dieser Rahmen vor- und zurückgeschoben wird und indem daran die beiden Enden i der erwähnten Hebel gehalten werden, nehmen auch diese an der Bewegung Theil, die sich bis nach der Säge fortsetzt.

Will man die Säge weiter vorschieben, so geschieht dies mittelst der beiden gezahnten Räder r. Die Achse des einen Rades reicht bis über die Rüstung und ist oben mit einer Kurbel s versehen; sobald diese gedreht wird, bewegen sich auch die beiden Räder und in Folge dessen auch die beiden gezahnten Stangen, worin diese Räder eingreifen, gleichmäßig vor und schieben die beiden Achsen h der Hebel ghi, so wie auch die mit Schlitzen versehene Bahn ef, worin die Säge läuft, weiter vorwärts, so daß diese immer in frisches Holz schneiden kann.

De Cessart schnitt mit dieser Säge die Pfähle auf mehr als 15 Fuß unter dem Wasserspiegel ab und zwar mit sehr großer Genauigkeit. Bei angestellten Versuchen mit derselben wurden, nachdem die Säge richtig eingestellt war, sogar Scheiben von 2 Linien Stärke abgeschnitten, die ohne zu zerbrechen, sich endlich lösten und an die Oberfläche traten. Ein Pfahl von 9 bis 10 Zoll Durchmesser wurde etwa in 4 Minuten durchschnitten, doch konnte man auch 18 Zoll starke Pfähle noch damit abschneiden. Täglich wurden mit einer solchen Säge nicht mehr als 20 Pfähle abgeschnitten, indem das Versetzen derselben und das Einstellen so viel Zeit wegnahm.

Statt der bisher beschriebenen Grundsägen mit geraden Blättern hat man in neuerer Zeit sich mehrfach der Kreissäge als Grundsäge bedient. Die damit erlangten Resultate sind immer befriedigend ausgefallen und was den Gebrauch derselben hauptsächlich vortheilhaft herausstellte, war die größere Einfachheit des Apparates.

Es sollen hier nur einige Constructionen von Kreissägen mitgetheilt werden, die wirklich zur Anwendung gekommen.

Eine sehr einfache Kreissäge, mit welcher man Pfähle 6 Fuß tief unter Wasser abschnitt, wurde beim Bau der Marschallsbrücke in Berlin angewendet*). Fig. 186 zeigt die Anordnung des Apparates im Grundriß und Fig. 186 A und B in verschiedenen Seitenansichten.

In zwei 4 Zoll starke Bohlenstücke a, welche durch Schraubenbolzen mit einander verbunden waren, wurde ein Lager zu einer eisernen Achse eingelegt. In diese Bohlenstücke waren zugleich ein Paar Hängebänder b mit eingesetzt, die unten zusammenliefen und daselbst durch den Querriegel c und den Mittelriegel d mit einander verbunden waren. Durch letzteren ging die Achse nur hindurch, dagegen befand sich im unteren Theil der Hängebänder wieder ein Zapfenlager e für dieselbe. Die Achse war $\frac{5}{4}$ Zoll stark, in den Zapfenlagern abgerundet, übrigens aber viereckig. Oben darauf war ein eisernes Schwungrad f angebracht, mit einer Kurbel zum Umdrehen; am unteren Ende der Achse war die Kreissäge h angebracht.

Die Maschine wurde mit ihrem oberen Riegel a auf ein Paar wagerecht gelagerte Holme gehängt und durch eine Handwinde, die auf diesen Holmen

*) Crelle's Journal für die Baukunst, Bd. III.

lag, vorwärts geschoben, unterhalb aber von einem Arbeiter durch ein Paar an den Enden des unteren Riegels c angebrachte Seile k an den abzuschneidenden Pfahl nach Erfordern herangezogen. Das Schwungrad wurde durch 4 Arbeiter die an einem an der Kurbel befestigten Seile zogen, möglichst rasch herumgedreht.

Die Pfähle mußten hier, weil das Sägeblatt nur 23 Zoll im Durchmesser hatte, von zwei Seiten durchschnitten werden, was jedoch hier ganz ohne Nachtheil geschehen konnte, indem nur die Beseitigung der Pfähle aus dem Fahrwasser bezweckt wurde.

Sollen die Pfähle aber genau horizontal abgeschnitten werden, so läßt sich dieses Verfahren wohl nicht anwenden und es ist auch häufig schon nicht möglich, wenn die Pfähle sehr nahe zusammenstehen, wie dies namentlich bei Grundpfählen der Fall ist. Ueberhaupt ist es auch immer sehr umständlich, den ganzen Rahmen um den Pfahl herumzuschieben und die Arbeit nun von der andern Seite von Neuem zu beginnen. Dieser Umstand tritt der Anwendung der Kreissäge häufig sehr hindernd entgegen. Man muß daher suchen, ein Sägeblatt von der erforderlichen Größe zu erhalten, welches hinreichend genau gearbeitet und zugleich steif und fest ist. Sollen dann Pfähle von 1 Fuß Durchmesser durchschnitten werden, so muß die Kreissäge schon mindestens $3\frac{1}{2}$ Fuß groß sein, indem die Scheibe, worauf sie gewöhnlich befestigt wird, den Pfahl nicht berühren darf. Man hat sie sogar in einer Größe von 4 Fuß dargestellt, wie dies bei einer Säge der Fall war, die man bei Bordeaux anwendete. Uebrigens kann man auch dem Sägeblatte noch eine Verstärkungsscheibe geben, die ebenfalls an der Peripherie herum mit Zähnen versehen wird, wo sie sich dann leichter in den Schnitt hineinschiebt. Dieses letztere wird noch um so leichter geschehen, wenn die Säge, was ganz ohne Nachtheil stattfinden kann, mit recht großen, starken und stark geschränkten Zähnen versehen wird. Die Verstärkungsscheibe darf natürlich keine größere Dicke erhalten, als die des Sägeblattes beträgt; befindet sich dieselbe dann an der oberen Fläche der Säge, so wird die untere Schnittfläche des Pfahls genau horizontal ausgeführt werden können und es läßt sich dann mit einer solchen Säge ein Pfahl noch durchschneiden, der bis $\frac{3}{8}$ des Durchmessers derselben zum Durchmesser hat.

Schließlich soll hier noch eine Kreissäge mitgetheilt werden, die man zum Abschneiden der Pfähle bei den Uferbauten an der Donau benutzt hat.

Fig. 185 zeigt dieselbe in der Seitenansicht und Fig. 185 A im Grundriß. Dieselbe war nicht auf einer festen Rüstung aufgestellt, sondern da es hier wahrscheinlich nicht auf große Genauigkeit beim Abschneiden der Pfähle ankam, so hatte man das Gestell dieser Kreissäge an den abzuschneidenden Pfahl selbst befestigt.

Der Rahmen ab, welcher die Säge trägt, war nur aus drei schmalen Bohlenstücken zusammengesetzt und mit eisernen Bändern verbunden. Oben wurde der Rahmen durch umgewundene Taue und Ketten sehr sicher an den Pfahl befestigt, indem Keile dazwischen getrieben wurden, wodurch noch eine größere Spannung entstand. Unten geschah dies jedoch durch eine Zange.

Die Zange war so gebildet, daß die gekrümmten Arme, welche den Pfahl umfaßten, noch mit Zähnen versehen waren; die Arme durchkreuzten sich nicht, sondern waren rückwärts fortgesetzt und durch ein starkes Charnier verbunden. Durch Auseinanderdrängen der hinteren Fortsetzungen dieser Arme wurden daher die gezahnten Bügel mehr geschlossen. Dieses geschah dadurch, daß von oben ab eine passend geformte keilförmige eiserne Stange zwischen die beiden hintern Arme hineintrieb. In Fig. 185 B ist diese Zange dargestellt und es wird dadurch das eben Gesagte hinreichend erklärlich.

Um die Säge während des Schneidens gegen den Pfahl zu schieben, war folgende Anordnung getroffen. In dem oberen, so wie auch in dem unteren Arme des Rahmens befanden sich Schlitze, wo die Achse der Säge hindurchreicht; in diesen Schlitzen schoben sich auf eisernen Bahnen die beiden Pfannen fort und diese waren rückwärts mit entsprechenden gezahnten Stangen versehen. Diese Stangen wurden aber wieder durch zwei an einer zweiten gemeinschaftlichen Achse cd befestigte Getriebe bewegt. Sobald nun diese Achse in einer oder der andern Richtung gedreht wurde, so schoben sich auch beide Pfannen ganz gleichmäßig mit der Achse ef und der daran befestigten Säge vor- oder rückwärts.

Will man eine solche Säge benutzen, um damit die Pfähle genau horizontal abzuschneiden, so verbindet man nur den oberen Arm a mit einem auf einer festen Rüstung verschiebbaren Rahmen (Schlitten), der dann mittelst Hängebändern mit dem unteren Arme verbunden und somit alles Schwanken der Maschine vermieden wird.

Achtes Capitel.

Von der Gründung ohne Fangedämme.

§. 67. Von der Gründung ohne Fangedämme.

Nicht selten kommt der Fall vor, daß bei Gründung eines Bauwerks unter Wasser der Zudrang desselben so stark ist, daß man nicht im Stande ist, die Baugrube trocken zu legen. Manchmal sind aber die Umstände auch der Art, daß man, wenn die Beseitigung des Wassers durch Schöpfmaschinen auch möglich wäre, dieselben doch nicht mit voller Kraft arbeiten lassen darf, weil die aufsteigenden Quellen dem Boden seine natürliche Festigkeit und Tragfähigkeit würden nehmen können. Zuweilen gestattet es auch die Oertlichkeit nicht, Fangedämme anzulegen. In solchen Fällen kann man alsdann die Fundirung nicht nach den gewöhnlichen Methoden vornehmen, sondern man muß eine Fundirungsart wählen, welche das Wasserschöpfen ganz entbehrlich macht.

Man bedient sich dann des Mittels, die Wasserbauwerke in Kasten zu

gründen. Diese Kasten können zweierlei Art sein. Entweder können dieselben mit einem Boden angeordnet werden, wo dann das Mauerwerk in denselben trocken ausgeführt wird; oder es werden die Kasten ohne Boden angeordnet, wo dann das in denselben aufgeführte Mauerwerk aus Béton besteht.

Ehe wir jedoch zur nähern Beschreibung dieser Fundirungsarten übergehen, sollen hier noch einige ältere Methoden der Fundirungen angeführt werden.

Eine der ältesten Methoden, unter Wasser zu gründen, ist der Bau mit verschütteten Steinen, welche namentlich bei Herstellung von Hafendämmen angewandt wurde. Die Hafendämme von La Rochelle und der Meerdamm von Cette gehören in dieser Beziehung wohl mit zu den merkwürdigsten von Steinen aufgeschütteten Bauwerken. Dieser letztere Damm besteht aus großen und kleineren Steinmassen. Die größten Steine warf man nach der äußeren Seite zu ein; nach der inneren Seite dagegen wurden die kleineren eingeworfen und darauf Kiesel geschüttet, um die scharfen hervortretenden Ecken der größeren Steine zu bedecken, damit die Schiffe sich ohne Gefahr an den Damm anlegen können. Nachdem der Damm bis zur Oberfläche des Meeres aufgeführt und gehörig abgeebnet war, wurde darüber ein Mauerwerk aufgeführt, welches an den Seiten aus Quadern besteht, die in guten, aus Puzzolane bestehenden Cement gelegt wurden.

Man hat auch diese eben beschriebene Methode mit der Versenkung von Steinkisten verbunden, wie dies unter anderem beim Bau des Molo vor dem Hafen von Genua geschehen. Nachdem nämlich ein Steindamm bis auf circa 11 Fuß unter der Meeresfläche ausgeführt war, wurden viereckige hölzerne Kasten von circa 44 Fuß Länge, 30 Fuß Breite und circa 15 Fuß Höhe hergestellt und so genau verbunden, daß sie ganz sicher schwimmen konnten. Diese Kasten wurden mit Steinen und dazwischen geschüttetem Mörtel vollständig angefüllt und nachdem der Steindamm unterm Wasser vollkommen geebnet war, was durch Taucher untersucht werden mußte, darauf gesenkt.

Eine andere Methode, die mit der in neuerer Zeit vielfach angewandten Fundirungsart in Caissons nahe zusammenhängt, jedoch im Alterthum schon mehrfach angewandt wurde, besteht darin, Schiffe in tiefem Wasser zu versenken und dadurch künstlich einen Baugrund zu bilden. Es wurden eigends dazu gebaute lange und flache Schiffe mit Steinen und Mörtel ausgefüllt, oder auch ausgemauert, welche Arbeit immer sehr sorgfältig ausgeführt werden konnte, weil dieselbe, so lange das Schiff noch schwamm, im Trocknen geschah. Darauf ließ man das Wasser eintreten und brachte dadurch das Schiff zum Sinken. Hierdurch wurde der Vortheil erreicht, daß man eine große zusammenhängende Masse darstellte, welche zum Tragen des Oberbaues viel geeigneter ist, als eine lose Steinschüttung und namentlich ein sicheres Fundament bildet, sobald das Schiff sich regelmäßig hinabsenkt und nach dem Versinken mit einer großen Basis auf dem Grunde aufsteht, wobei alsdann der Boden des Schiffes die Stelle eines liegenden Rostes vertritt.

Dieses Verfahren hat besonders in Frankreich und England vielfache Anwendung gefunden. In England wurde von dieser Fundirungsart der erste Gebrauch beim Brückenbau gemacht und zwar wendete de la Belie dieselbe

zuerst beim Bau der Westminster-Brücke zu London an. Nachdem wurde sie auch beim Bau der Blackfriarsbrücke daselbst angewandt; in Frankreich wurde diese Fundirungsart jedoch erst vervollkommnet. De Cessart bediente sich dieser Art in Kasten zu gründen mit glücklichem Erfolge bei dem Bau der Brücken zu Saumur und Tours. Desgleichen benutzte man diese Fundirungsart bei den Pfeilern des Pont des Arts, des Pont du Jardin des plantes und der Brücke von Jena.

Diese Art von Kasten ist ein großes flaches Fahrzeug, dessen Boden wagerecht ist und aus gehörig zusammengefügten Balken besteht. Die Seitenwände, welche aus Rahmen oder Feldern von gut verbundenen Bohlen angefertigt werden, erhalten eine solche Einrichtung, daß sie nach Ausführung des Mauerwerks vom Boden losgemacht und aus einander genommen werden können. Bei ihrer Zusammensetzung und Verbindung mit dem Boden müssen sie jedoch vollkommen wasserdicht sein, zu welchem Ende sie entweder calfatert oder außerhalb mit getheerter Leinwand überzogen werden.

Es entsteht nun die Frage, ob es zweckmäßig ist, den Boden des Caissons unmittelbar auf den gehörig geebneten Grund oder auf Pfähle zu stellen. Im ersteren Falle vertritt der hölzerne Boden die Stelle eines Schwellenrostes, im zweiten aber die eines Pfahlrostes. Will man den Kasten unmittelbar auf den Grund stellen, so muß man, da der natürliche, den Grund des Flußbettes ausmachende Boden selten eine ebene und wagerechte Oberfläche darbietet, auf welcher man den Kasten ruhen lassen könnte, den Boden erst vorbereiten und seine Unebenheiten und Ungleichheiten wegschaffen. Dies geschieht gewöhnlich dadurch, daß man Füllerde daraufbringt und diese auf demselben eben ausbreitet. Eben so muß man aber auch den Kasten so tief gegen das umgebende Flußbett senken, daß keine Unterspühlung eintreten kann. Daß zu diesem Zwecke die Baustelle mit einem leichten Fangedamme umgeben werden muß, um das heftige Durchströmen zu verhindern, ist einleuchtend; denn der starke Strom würde immer den Sand wieder herabführen und dadurch die regelmäßige Baggerung unmöglich gemacht werden.

Da es jedoch nicht immer möglich ist, den Boden auf eine entsprechende Weise zur Aufnahme des Kastens herzustellen und es auch öfters der Solidität des Baues keinen Nutzen bringt, wenn man mit der Fundation über eine gewisse Tiefe hinabgeht, so wendet man den zweiten Fall an, indem man den Kasten über den Boden des Flusses legt und ihn auf eingerammte Pfähle stellt, die in einer gewissen Tiefe unter dem Wasserspiegel wagerecht abgeschnitten werden.

Hierbei kommen wieder die beiden Fälle in Betracht, ob der Rost bis zum Flußbette und vielleicht auch noch bis darunter versenkt wird, oder ob man ihn nur eben bis unter den niedrigsten Wasserstand bringt. Das letztere Verfahren ist am bequemsten, allein dann müssen die Zwischenräume zwischen den Pfählen ausgefüllt werden, was aber, wie in §. 64 schon angeführt, immer sehr schwierig ist, indem die Ausfüllung sich setzt und so dem Durchströmen des Wassers Oeffnungen darbietet, so daß Ausspühlungen entstehen können. Um dies dann zu verhüten, muß man den Rost mit einer Spundwand umschließen und

nachdem der innere Raum gehörig ausgefüllt ist rings um die Spundwand noch eine Steinschüttung anbringen. Soll aber der Rost bis unter das Flußbett gesenkt werden, so wird ein leichter Fangedamm dargestellt und darauf die Baggerung so tief hinabgeführt, daß man die Pfähle in der gehörigen Tiefe mit der Grundsäge abschneiden kann. Hierauf werden die Zwischenräume zwischen den Pfählen wieder gehörig ausgefüllt und in einer geringen Höhe über den Pfahlköpfen horizontal abgestrichen. Sobald nun der Kasten gesenkt ist, wird durch die Last desselben die über den Pfahlköpfen vorhandene geringe Kiesschicht zusammengedrückt und setzt sich in Folge dessen um so besser, wodurch gerade dem Entstehen hohler Räume unter dem Roste um so viel mehr vorgebeugt wird.

De Cessart wendete beim Bau der Brücke zu Saumur folgendes Verfahren an. Es wurden zuerst zwei Reihen Pfähle in einigem Abstande rings um die Brückenpfeiler eingerammt und man füllte den Zwischenraum zwischen beiden Pfahlreihen mit Senkfaschinen aus, die durch ihr eigenes Gewicht sich so fest in einander lagerten, daß dadurch ein heftiges Durchströmen des Wassers ganz verhindert wurde. Indessen wurde die Baugrube nicht ringsum auf diese Weise abgeschlossen, sondern es befand sich vielmehr auf der von dem Strome abgekehrten Seite derselben noch eine Oeffnung, wodurch der Kasten hineingebracht wurde. Nachdem die Umschließung in der angegebenen Weise hergestellt war, wurde die Baugrube durch Ausbaggerung vertieft und sobald die gehörige Tiefe erreicht war, wurde der Grund gehörig ausgeebnet, damit der Boden des Caissons überall gleichmäßig zum Tragen kommen konnte. Die Ausebnung geschah dadurch, daß man die tieferen Stellen oder auch wohl den ganzen Raum mit Kies beschüttete und alsdann die Oberfläche derselben mit einer Schiene horizontal abstrich.

Was nun die Dimensionen der Caissons betrifft, so müssen dieselben der Größe des darin aufzuführenden Bauwerks vollkommen entsprechen. Die Wände müssen eine solche Höhe erhalten, daß das Mauerwerk nach der Versenkung noch bis über den niedrigsten Wasserstand hervorragend ist und also der folgende Theil schon über Wasser ausgeführt werden kann. Findet auf der Baustelle Ebbe und Fluth statt, so erhalten die Wände nur eine solche Höhe, daß sie beim Versenken noch über den Stand des Wassers der Ebbe hervorragen und es wird dann bei jedem niedrigen Wasserstande der Bau fortgesetzt.

Wie schon bereits angeführt, müssen die Caissons (Senkkasten) möglichst wasserdicht hergestellt werden. Der Boden des Kastens besteht aus einem gut verbundenen Schwellwerke. Die Construction desselben ist aber von der Aufstellungsart der Caissons abhängig. Wenn keine Rostpfähle vorkommen, worauf der Boden des Kastens zu stehen kommt, sondern der ganze Boden gleichmäßig trägt, so werden die Rostbalken von unten nur mit Bohlen verkleidet. Sind dagegen Rostpfähle eingeschlagen, so ist es durchaus nöthig, daß die sämmtlichen Köpfe derselben auf die Rostschwellen treffen und es muß alsdann das Einrammen der Grundpfähle, wie in §. 64 bereits angeführt, zwischen versenkten Lehren vorgenommen werden, wodurch man jedenfalls eine regelmäßigere Stellung der Grundpfähle in der Tiefe erlangt. In diesem Falle ist die Methode

sehr vortheilhaft, welche man in neuerer Zeit in Frankreich bei mehreren Bauten angewandt hat, wo man den Boden des Senkkastens nicht mit Bohlen bekleidet, sondern aus einer ganz dichten Balkenlage bildet. Hierbei kommt dann jeder einzelne Pfahl vollständig zum Tragen. Die Wände des Kastens müssen gehörig stark sein, damit sie dem Wasserdrucke, der ihrer Höhe entspricht, genügend widerstehen können. Der Kasten erhält die Form des Mauerkörpers, jedoch muß derselbe, um bequem die Mauerung darin ausführen zu können, eine solche Größe erhalten, daß rings um den Mauerkörper noch ein Raum von circa 20 Zoll bleibt.

Fig. 187 zeigt die Construction eines Senkkastens, wie solcher von Lamandé beim Bau der Brücke von Jena in Paris benutzt worden ist. Fig. 187 zeigt den Boden desselben, Fig. 187 A die Ansicht von der Seite und Fig. 187 B die Ansicht von vorn. Der Boden des Kastens besteht aus dicht an einander gefugten eichenen Querschwellen von 8,4 Zoll Dicke; sie werden von einem 15 Zoll breiten und 10 Zoll hohen Rahmen a, a umschlossen, welcher mit einer Nuthe versehen ist, worin die sämmtlichen Balken mit Zapfen eingreifen. Zur bessern Verbindung der Querschwellen mit dem Rahmen dienen noch eine Menge von Schraubenbolzen, deren Muttern in die ersteren eingelassen sind. Der Länge nach sind fünf Reihen starker Bohlen b, b auf die Balken mit Nägeln befestigt, welche gegen die Spitze hin eingezackt sind. Die Rahmstücke sind mit Nuthen an einander geschiftet und durch eiserne Bänder gehörig mit einander verbunden. Der oben erwähnte Rahmen ist zugleich Schwelle für die Seitenwände, welche letzteren aus Stielen bestehen, die auf den Ecken und dazwischen in einer Entfernung von etwa 9 bis 10 Fuß in die Rahmschwelle eingezapft sind. Außerdem sind noch die Zwischenstiele verstrebt. Die Hauptstiele erhalten in der Flucht der Wand und zwar zu beiden Seiten eine Nuthe, in welche die 3 Zoll dicken Bohlen f, f, Fig. 187 A, eingeschoben werden. Die Stiele werden wieder mit Rahmstücken bedeckt, die durch Querzangen gegenseitig mit einander verbunden werden. Sowohl die Bohlen der Wände, als die des Bodens, sind genau zusammengefugt und verspundet und nach der Zusammensetzung dicht calfatert und demnach mit heißem Pech übergossen. Um die Seitenwände gehörig fest mit dem Boden zu verbinden, sind an dem Rahmen, der den Boden umgiebt, starke eiserne Haken angebracht. In diese greifen eiserne Zugstangen ein, die oben, wo sie mit starken Schraubengewinden versehen sind, durch den oberen Rahmen der Wand oder durch die daraufliegenden Zangen hindurchgreifen und mittelst Schraubenmuttern dagegen befestigt werden. Fig. 187 C zeigt diese Zugstange nebst dem erwähnten Haken. Sobald man nun die Wände nach dem Versenken der Caissons entfernen will, werden nur die Schraubenmuttern über den Zugstangen gelöst und letztere herausgenommen; es steht dann die Wand nur noch mit den Zapfen der Stiele und Streben in der Schwelle auf und ist sonach sehr leicht zu entfernen.

Zur Verfertigung eines solchen Kastens und um ihn in das Wasser zu bringen, ist, wie dies auch bei den Schiffen der Fall ist, eine geneigte Ebene am Ufer erforderlich, von welcher derselbe leicht in das Wasser hinabgleitet. Uebrigens ist hierbei eine große Vorsicht nöthig, weil sonst der Kasten bei

seiner Länge und bei der nur schwachen Verbindung, welche man ihm giebt, sehr leicht brechen kann.

Diese Senkkasten erhalten an einer Seite gewöhnlich ein Schütz, damit man beim Versenken das Wasser sanft einlassen kann; es werden aber auch gleichfalls einige Pumpen in denselben aufgestellt, die dazu dienen, das eindringende Wasser wieder zu entfernen, falls es nöthig sein sollte, den Kasten nach der Versenkung nochmals wieder zu heben, um ihn etwa noch genauer einzurichten.

Ein sehr interessantes Beispiel der Pfeilergründung in Kasten liefert uns der Bau der Brücke zu Rouen über die Seine, indem der niedrigste Wasserstand immer die außerordentliche Höhe von 24 bis 26 Fuß hatte und die mittlere Wasserstandshöhe 34 bis 36 Fuß betrug.

Das Flußbett war sehr sandig und es mußten die Grundpfähle erst bedeutend tief eingeschlagen werden, ehe sie zum Stehen gebracht wurden. Außerdem mußte aber auch das Grundbett gegen Unterspühlung geschützt werden, was man auf folgende Weise zu bewerkstelligen suchte. Vorerst wurden nach der Länge und Breite, die der Pfeiler erhalten sollte, immer 2 und 2 Pfähle neben einander in gewissen Zwischenräumen, wie Fig. 188 A zeigt, eingerammt, wovon ein Pfahl dazu diente, einen nachher versenkten Rahmen zu tragen und der andere, diesem Rahmen beim Versenken die nöthige Richtung zu geben. Sobald der Rahmen auf den dazu bestimmten Pfählen aufsaß, schlug man innerhalb desselben zwei Pfahlwände und dann erst wurden innerhalb dieser Pfahlwände, Fig. 188 B, die eigentlichen Grundpfähle eingerammt. Der zwischen den Pfahlwänden und zwischen den Grundpfählen befindliche Raum wurde, nachdem man den oberen Sand ausgebaggert, mit Béton ausgefüllt. Um außerdem die Gründung der Pfeiler so viel als möglich zu sichern, kam vor die äußere Pfahlwand noch ein Steinbewurf. Die Pfähle zu den Pfahlwänden wurden mittelst einer Zugramme mit einem Rammkloze von 600 Kilogramm eingeschlagen, die Grundpfähle hingegen durch eine Kunstramme mit einem 750 Kilogramm schweren Rammkloze, dessen Fallhöhe 3,5 Meter betrug. Sämmtliche Pfähle wurden so lange gerammt, bis dieselben nach 10 Schlägen nicht mehr als 1 Centimeter eindrangen. Zur größeren Festigkeit erhielt die innere Pfahlwand noch eine Gurtung, lmnop, die mittelst Halsbänder befestigt wurde und außerdem auf den an diesen Pfählen angebrachten Klötzen a, a, Fig. 188 C, ruhte. Die Grundpfähle wurden mit der de Cessart'schen Grundsäge horizontal abgeschnitten und nachdem die Zwischenräume zwischen denselben mit Béton ausgefüllt waren, wurde ein herabgelassenes horizontales Richtscheit über die Horizontalebene der Pfahlköpfe hinbewegt, um die Köpfe der Grundpfähle von Allem zu reinigen, was durch die Ausfüllung der Zwischenräume oder durch einen sonstigen Zufall darauf liegen geblieben sein konnte.

Der Kasten, worin jeder Pfeiler gebaut wurde, war wegen der erforderlichen Höhe besonders sorgfältig construirt. Ehe man aber den Kasten über die Grundpfähle, auf welche er zu stehen kommen sollte, brachte, legte man die drei ersten Schichten des Pfeilers. Hierauf brachte man ihn auf die Stelle, wo er versenkt werden sollte, öffnete die in den Seitenwänden desselben

angebrachten Löcher und ließ so viel Wasser herein, als zum Einsinken des Kastens nöthig war. Sobald er auf den Grundpfählen stand, beschwerte man ihn auf eine gleichmäßige Weise durch Steine, die man auf starke Bohlen legte, die auf dem Boden des Kastens ruhten. Nachdem der Kasten seine richtige Stellung erlangt hatte, wurden die Oeffnungen in den Seitenwänden geschlossen und das Wasser herausgepumpt, so daß sich die Mauerarbeiten jetzt im Trocknen ausführen ließen. Die aufgepackten Steine beschwerten den Kasten der Art, daß derselbe durch den Druck des Wassers nicht wieder in die Höhe gehoben werden konnte.

Unter allen Bauwerken aber, die in Kasten aufgeführt worden sind, verdient jedenfalls vorzugsweise die Schiffsdocke, welche der Ingenieur Groignard im Toulouner Hafen aufführte, wegen der bedeutenden Größe und der Menge des dazu erforderlich gewesenen Holzes, genannt zu werden. Ein Kasten, welcher 300 Fuß lang, 94 Fuß breit und 34 Fuß hoch war und dessen Gewicht circa 2000 Tons betrug, wurde auf einem Floß von 320 Fuß Länge, 112 Fuß Breite und $6\frac{1}{2}$ Fuß Höhe construirt und später bis 30 Fuß unter die Oberfläche des Wassers versenkt. Die unterste Lage des Flosses bestand aus 258 ungezimmerten Masten, die 20 bis 30 Zoll im Durchmesser stark und 60 bis 90 Fuß lang waren. Mit den Enden stießen sie an einander und waren dicht neben einander gelegt. Ueber diesen Masten lagen 23 Reihen von auf einander gelegten Balken, die 40 bis 60 Fuß lang und 20 bis 24 Zoll im Quadrat stark waren. Sie waren 9 Fuß im Lichten von einander entfernt und machten mit den Masten rechte Winkel. Die Balken wurden mit Tauen an einander befestigt.

In jedes der 22 Felder wurden drei Reihen leere Tonnen gelegt. Ueber je drei neben einander liegende Tonnen wurden unten ausgerundete, oberhalb ebene Bauhölzer nach der Länge des Flosses gelegt und mit Tauen festgebunden. Ueber diesen Hölzern lag wieder auf den Querbalken eine Bohlendecke, welche zum Bauplatze diente. Eine ausführliche Beschreibung dieser Arbeiten findet man in Wiebeking's Wasserbaukunst im II. Bande, §. 196—200, und wir müssen darauf verweisen.

Sollen Kaimauern von beträchtlicher Länge in Caissons gegründet werden, so ist selbstredend, daß man die Gründung alsdann nicht in einem Kasten vornehmen kann, sondern dies muß in mehreren geschehen, so daß also die Gründung aus abgesonderten Pfeilern besteht. Hierbei muß man aber für eine gehörige Verbindung der besonders fundirten Theile sorgen. De Cessart spannte zu diesem Zwecke nach der Entfernung der Caissonswände von der einen Mauer zur andern Bögen und zwar so tief, als es der Wasserstand nur irgend zulassen wollte. Dieses Verfahren hatte aber den Nachtheil, daß die unter den Bögen vorhandenen Oeffnungen nicht gehörig geschlossen werden konnten und somit die Gefahr einer Ausspühlung unter denselben immer vorhanden war. Ein anderes, dem eben erwähnten bei weitem vorzuziehendes Verfahren, welches Lamandé bei den Kaimauern in Paris anwandte, bestand darin, daß derselbe die Zwischenräume zwischen den langen Wänden zweier neben einander versenkten Caissons durch vorgeschlagene Pfähle und leichte Fangedämme möglichst zu dichten

suchte, worauf die beiden nächsten Wände an der schmalen Seite der beiden Caissons entfernt und somit beide in einen verwandelt wurden. Hierauf konnte man den Zwischenraum zwischen je zwei Theilen von Grund aus mit Mauerwerk ausfüllen, was um so sicherer war, da nun keine weitere Ausspühlung stattfinden konnte.

Was endlich die Ausmauerung der Caissons betrifft, so muß diese möglichst gleichmäßig geschehen, indem sonst durch eine ungleiche Beschwerung sehr leicht ein Bruch erfolgen kann. Eben so ist es vortheilhaft, wenn man die Caissons, sobald es möglich ist, versenkt, weil sonst die hergestellte Ausebnung des Grundes ihre Regelmäßigkeit bald verlieren kann. Will man die Kasten versenken, so kann dies auch durch eine darauf zu legende Steinlast bezweckt werden, wobei man dann die Arbeit des Auspumpens erspart und gleichzeitig auch den Vortheil erreicht, daß das in den Kasten ausgeführte Mauerwerk schneller bindet. Jedenfalls leidet das Caisson auch nicht so sehr, wenn es möglichst bald versenkt wird, als wenn man es mit dem begonnenen Mauerwerke längere Zeit hindurch schwimmen läßt.

Wir haben jetzt die zweite Art von Kästen, welche keine wagerechten Böden haben, näher zu betrachten. Diese sind schon seit langer Zeit in Italien und hauptsächlich bei den Seebauten des mittelländischen Meeres benutzt. Da aber bei Anwendung dieser zweiten Art Kästen der innere Raum nicht trocken gelegt, somit auch ein aus lagerhaften Steinen im gehörigen Verbande aufgeführtes Mauerwerk nicht füglich angewandt werden kann und dennoch ein festes und wasserdichtes Mauerwerk hergestellt werden muß, welches das Fundament des ganzen Baues bildet, so eignet sich für diesen Fall besonders die Fundirung auf Béton. Ueber die Zubereitung und Mischungsverhältnisse des Bétons ist bereits in §. 18 das Nöthige gesagt. Ferner findet man aber auch über die Bereitung und Anwendung des Bétons einen vortrefflichen Aufsatz vom Bauinspector Zimmermann in Crelle's Journal für die Baukunst, III. Bd., 1. Heft. Es ist hier nun noch das Nöthige über die Art der Versenkung des Bétons zu erwähnen.

Da der Béton gleich nach seiner Darstellung versenkt werden muß, in diesem frischen Zustande aber noch sehr weich ist, so tritt hierbei die wesentliche Bedingung ein, daß der noch weiche Béton möglichst wenig mit dem Wasser in Berührung komme und am wenigsten einer starken Strömung ausgesetzt werde, indem dadurch sogleich die Kalktheilchen des Mörtels ausgespühlt werden würden und sonach ein späteres Erhärten der Masse unmöglich wäre. Allein das Durchströmen des Wassers wird schon durch die Seitenwände des Kastens verhindert und es kommt daher nur noch darauf an, den Béton möglichst vorsichtig zu versenken. Wollte man den zubereiteten Béton in den eingeschlossenen Raum von oben frei herabfallen lassen, so würden die Kalktheilchen ebenfalls ausgespühlt werden und die gröberen Theile zu Boden fallen. Eben so würde es auch sehr nachtheilig sein, wenn man während des Versenkens des Bétons den Wasserspiegel innerhalb des Kastens durch Anwendung von Schöpfwerken senken wollte, weil in diesem Falle die Quellen durch den Boden und sonach durch den eben ausgebreiteten Béton hindurch dringen und

ihn stellenweise ausspühlen würden, so daß derselbe weder erhärten noch eine wasserdichte Schicht darstellen könnte.

Um nun diese erwähnten Uebelstände zu vermeiden, versenkt man den Béton entweder in Trichtern oder auch mittelst Kästen, die man bis zur gehörigen Tiefe hinabläßt und daselbst umkehrt oder auf eine sonstige zweckmäßige Weise entleert.

Soll der Béton in Trichtern versenkt werden, so müssen diese eine solche Länge erhalten, daß sie bis zur Oberfläche der zu bildenden Schicht hinabreichen. Sie werden dann auf einer festen Rüstung aufgestellt, auf welcher sie nach allen Seiten hin verschoben werden können. Schüttet man nun den Béton hinein, so bildet derselbe, da er sich in der ganzen Baugrube nicht ausbreiten kann, eine abgestutzte Pyramide, deren obere Grundfläche mit der unteren Oeffnung des Trichters übereinstimmt. Hat sich ein solcher Körper gebildet, so hört das weitere Ausfließen des Bétons aus dem Trichter auf; wird alsdann der Trichter verschoben, so stellt sich aufs Neue eine ähnliche Anschüttung dar. Auf solche Weise wird nun ein ganzer Streifen quer durch die Baugrube, entweder nach der Länge oder nach der Breite dargestellt und dieses Verfahren so lange wiederholt, bis die untere Schicht vollständig hergestellt ist. Der Trichter darf hierbei nur sehr langsam verschoben werden, um eine recht dichte und volle Schicht zu erhalten. Ist nun die erste Schicht vollendet, welche übrigens nicht die ganze Stärke erhält, die das Bétonbette erhalten soll, so wird zur Darstellung der zweiten Schicht geschritten. Bei Herstellung dieser zweiten Schicht wird aber der Trichter nicht nach derselben Richtung verschoben, wie bei der ersten Schicht, sondern nach einer Richtung, welche sich mit der vorhergehenden kreuzt, so daß eine Art von Verband zwischen den einzelnen Streifen entsteht. Hierbei muß aber die Vorsicht beachtet werden, daß der Trichter stets voll Béton ist, damit das Material, wenn es in den Trichter hineingeschüttet wird, nicht durch das Wasser hindurchfällt, weil dadurch ein Ausspühlen des Mörtels hervorgebracht werden würde.

In den Figuren 189 A und B ist die Vorrichtung dargestellt, welcher man sich bei der Fundirung der Schleuse zu Saint-Valery an der Somme bediente und zwar in den Ansichten von der Seite und von vorn und zum Theil auch im Durchschnitt.

Da hier die Breite der Baugrube so bedeutend war, daß die Bahnen sich nicht mehr gegen ein starkes Einbiegen unter dem schweren Trichter gehörig sichern ließen, so setzte man den Trichter auf Fahrzeuge, die in der Baugrube schwammen. Da aber der Wasserstand in der Baugrube nicht constant war und eben so auch die Fahrzeuge bald mehr oder weniger eintauchten und somit der Trichter nicht immer in gleicher Höhe zu erhalten war, so suchte man diese Abweichungen dadurch auszugleichen, daß man an beiden Seiten zehn große Tonnen anbrachte, die auf dem Wasser schwammen und mittelst langer Winkelhebel herabgedrückt werden konnten. Wurde dieses ausgeführt, so trugen dieselben einen Theil der Belastung und die Fahrzeuge hoben sich, wodurch es möglich wurde, dieselben mit dem Trichter immer in die ursprüngliche Höhe zu bringen. Am Rande der Baugrube, wohin man mittelst dieser Vorrichtung

nicht gelangen konnte, wandte man zum Versenken folgendes Verfahren an. Man legte nämlich die Rüstung, welche den Trichter trug, an einer Seite auf ein Fahrzeug und an der andern auf einen Wagen, der sich längs des Ufers auf einer Bahn bewegte, wodurch es möglich wurde, mit dem Trichter bis dicht an den Rand der Baugrube gelangen zu können. An der unteren Mündung des Trichters waren, noch zwei Walzen angeordnet, welche dazu dienten, den frisch versenkten Béton zu comprimiren.

Bei der Versenkung des Bétons in Trichtern treten jedoch mehrfache sehr wesentliche Uebelstände ein. Erstlich kommt beim Einschütten des Bétons in den Trichter derselbe immer in sehr vielfache Berührung mit dem Wasser, wodurch der Kalk aus dem Mörtel zum Theil ausgewaschen wird, was daher nothwendig macht, daß eine größere Menge Kalk zum Mörtel zugesetzt werde. Der ausgewaschene Kalk lagert sich aber allmälig wieder ab und legt sich als Schlamm auf die Bétonschicht, was jedoch dann eine gehörige Verbindung der folgenden Bétonschicht mit der nächst unteren mehr oder weniger verhindert. Macht man ferner die Weite des Trichters zu gering, so zeigt sich bald der Uebelstand, daß der Béton stark an den Seitenwänden haftet und wenn die Arbeit auf kurze Zeit unterbrochen wird, nicht mehr frei hinabfällt. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, hat man nun zwar dem Trichter eine überall gleiche Weite gegeben; allein ein großer Nachtheil, der nicht zu beseitigen ist, besteht darin, daß man, wenn die Arbeit unterbrochen wird, den Trichter entweder angefüllt stehen lassen, oder aber ihn so weit vorschieben muß, daß er sich vollständig entleert. Im ersteren Falle erhärtet der darin befindliche Béton, wenn er gehörig steif war, schon während einer Nacht so stark, daß er am andern Tage nicht mehr von selbst herabfließt. Wenn man ihn nun auch noch leicht hinabstoßen kann, so kommt doch die Bétonmasse schon etwas erhärtet herab und kann sonach mit dem übrigen Béton keine mehr innig zusammenhängende Masse bilden. Wenn man dagegen den Trichter ganz entleert und am folgenden Tage wieder den Béton hineinschüttet, so stürzt derselbe durch das im Trichter befindliche Wasser hindurch und wird völlig ausgewaschen. Um diesem letzten Uebelstande vorzubeugen, wendet man zur ersten Füllung jedesmal besondere Kasten an, worin der Béton hinabgelassen wird.

Die zweite Art der Versenkung des Bétons ist die in Kasten. Man hat dazu verschiedene Anordnungen angewandt. Vicat benutzte beim Bau der Brücke zu Souillac die sogenannten Kippkasten zum Versenken des Bétons. Diese Kasten hatten die Form einer abgeschnittenen umgekehrten Pyramide mit quadratischen Grundflächen. Die Aufhängepunkte derselben waren ein wenig über dem Schwerpunkte angebracht; am Boden des Kastens war ein Seil befestigt, durch welches man den Kasten umwarf, wenn er, mit Mörtel angefüllt, am Boden angelangt war. Schon Belidor beschreibt diese Kasten als zur Versenkung des Bétons am zweckmäßigsten. Beaudemolin wendete diese Kasten ebenfalls beim Bau der Schleuse in Hüningen an und wollen wir nun die Anordnung derselben näher beschreiben.

In der Baugrube schwamm eine Rüstung, die aus mehreren Gängen bestand, welche zwischen sich vier schmale Oeffnungen ließen. Diese Oeffnungen

dienten dazu, den Schlamm, der sich auf dem Boden der Baugrube bildete, theils aufzuheben und theils durch eine Art von Besen an die Seite schaffen zu können, ferner aber auch um den Béton zu versenken. Der hierzu dienende Apparat bestand aus einem Kasten, der 38 Zoll lang, $9\frac{1}{2}$ Zoll hoch, $11\frac{1}{2}$ Zoll im Boden und oben 19 Zoll breit war. Derselbe hing etwas über seinem Schwerpunkte in Zapfen und wurde mittelst einer Winde, die auf einem kleinen Wagen stand, in Bewegung gesetzt. In Fig. 190 ist dieser Apparat dargestellt. Dieser Wagen wurde auf zwei der erwähnten Gänge des Flosses so gestellt, daß er frei über der Oeffnung stand und mittelst der Winde herabgelassen werden konnte. Der Kasten hielt beinahe $3\frac{1}{5}$ Cubikfuß Béton und nachdem er damit angefüllt war, wurden die beiden untergelegten Bäume, welche bis dahin den Kasten getragen hatten, herausgezogen und mittelst der Winde wurde derselbe so weit langsam herabgelassen, bis er auf der Sohle der Baugrube oder auf dem schon früher versenkten Béton aufstand. Nunmehr wurde die Winde um etwas wieder zurückgedreht, so daß der Kasten circa 4 Zoll über dem Boden schwebte und Raum genug vorhanden war, ihn um seine Achse drehen zu können, was mittelst einer am Boden befestigten Leine geschah, wodurch dann die Leerung des Kastens erfolgte. Bei der nächsten Versenkung wurde die Winde um die Länge des Kastens verschoben und dieselbe Arbeit so lange wiederholt, bis ein ähnlicher Streifen, wie bei der Anwendung des Trichters, hergestellt war. In dem Boden des Kastens waren kleine Löcher, die von Zeit zu Zeit aufgeräumt wurden und dazu dienten, die Ablösung des Bétons von dem Boden zu befördern, weil durch diese Löcher der Druck des Wassers wirksam wurde. Bei diesem Verfahren erreicht man den Vortheil, daß die Bétonmasse viel mehr im Zusammenhange bleibt und verhältnißmäßig nur immer in einer kleinen Oberfläche mit dem Wasser in Berührung gebracht wird.

Der Béton wird, wie schon angedeutet, streifenweise in Schichten versenkt, die nicht über 12 bis 14 Zoll hoch sind. So wie nun eine Schicht in der Grube fortrückt, treibt sie einen milchigen Brei vor sich her, der zunimmt, so wie die Ausdehnung der Schicht beträchtlicher wird. Dieser Brei besteht nur aus ausgewaschenem Kalk, der aber sehr unvollkommen bindet und die Gleichförmigkeit der Masse zerstört, während er das Zusammendrücken derselben befördert. Diesen schädlichen Brei muß man daher jedenfalls zu beseitigen suchen. Ist die Baugrube in einem fließenden Wasser, so läßt sich diesem Uebelstande leicht dadurch abhelfen, daß man in die Wände der Umkistung kleine Löcher macht und zwar in einer solchen Anzahl, daß sich das Wasser ohne Unterlaß in der Umkistung zu erneuern vermag. Diese Löcher dürfen jedoch nicht so groß gemacht werden, daß der Béton durch dieselben entweichen könnte. Im stillstehenden Wasser muß man dagegen an den Enden der Einkistung mehrere Pumpen stellen und mittelst derselben den Brei, so wie er sich zeigt, ausschöpfen. Man kann auch, wenn die Einkistung einen Ausgang hat, dieselbe mit Besen ausfegen, was aber nur dann anwendbar ist, wenn die Schichten Zeit genug haben, gehörig erhärten zu können. Uebrigens läßt sich aber die Ansammlung des schädlichen Breies dadurch vermindern, daß die Versenkung mit größter Vorsicht

ausgeführt wird und daß man namentlich eine starke Bewegung des Wassers zu vermeiden sucht.

Bei dem Versenken des Bétons in Kasten werden die einzelnen Schichten keineswegs glatt abgestrichen, wie dies durch den Rand des Trichters oder die daselbst angebrachte Walze geschah; es muß daher hierbei das Ausebnen der Oberfläche noch besonders vorgenommen werden. Man muß sich aber dabei hüten, den versenkten Béton zu stampfen, indem dieses einmal völlig unnöthig und ferner auch sogar sehr schädlich ist, sondern man sucht durch den Druck einer gußeisernen Platte, die an einem Stiele befestigt ist, die Unebenheiten der Schicht auszugleichen. Dies kann aber nur von einiger Wirkung sein, so lange der Béton noch weich ist und es muß daher um so mehr diese Arbeit mit Vorsicht ausgeführt werden, damit das Wasser nicht in starke Bewegung gesetzt werde, was nur ein Auswaschen des Bétons zur Folge haben würde.

Es soll jetzt das Verfahren bei der Bétonfundirung näher beschrieben werden, welches aber wieder von der Beschaffenheit des Baugrundes abhängig ist, und zwar wollen wir hier zuerst den Fall wählen, wenn der Baugrund aus Felsengrund besteht.

Bildet der Felsen eine ebene Oberfläche, so ist es mit keiner großen Schwierigkeit verbunden, die Gründung auszuführen. Schwieriger aber wird es, wenn der Baugrund, worauf das Gebäude aufgeführt werden soll, aus einem zerklüfteten Felsgrunde besteht. Dies war namentlich der Fall bei der Brücke bei Souillac über die Dordogne, welche Vicat ausführte. Der Grund, welcher hauptsächlich aus Kalkstein besteht, hatte weder eine zusammenhängende, noch eine gleichförmige Oberfläche, sondern zeigte sich in der Gestalt einzelner unregelmäßiger Tafeln, die bald wagerecht, bald abhängig, bald in einerlei, häufiger aber in verschiedenen Ebenen lagen. Die Zwischenräume waren 1 bis 7 Meter tief und nahmen zuweilen den größeren Theil der Oberfläche ein.

Man bediente sich hier zur Gründung der Pfeiler der Kasten ohne Boden. Dieselben hatten zum wagerechten Querschnitt ein Rechteck mit einem Dreieck an jeder kleineren Seite. Drei Reihen doppelter Riegelhölzer wurden durch 22 lothrechte Ständer, welche gleichweit von einander entfernt und mit den Riegelhölzern verbolzt waren, wagerecht und in unveränderlicher Entfernung von einander gehalten. Diese Ständer reichten 2 Meter über die oberste Reihe Riegelhölzer hinaus und in dieser Höhe war an jedem ein sich daran anschließender Nebenständer angebracht, wie Fig. 191 näher zeigt. In den in die Wand fallenden Seitenflächen der Nebenständer und in der Oberfläche der Riegelhölzer, worauf sie standen, befanden sich Falze, in welche gewöhnliche Fallschützen gebracht werden konnten, durch die man den ganzen oberen Theil der Wände des Kastens wasserdicht verschließen konnte.

Zwischen die drei über einander liegenden doppelten Reihen Riegelhölzer wurden Spundpfähle eingeschlagen, wodurch die Wände vollends geschlossen wurden. Das Gerippe des Kastens wurde über der Stelle des Grundwerks selbst zusammengesetzt und gerichtet und darauf dasselbe so tief versenkt, daß die obersten Riegelhölzer im Wasserspiegel lagen, wo man dann erst die Fallschützen in die Falze der Nebenständer brachte und die Fugen calfaterte. Hierauf wurde

das Gerippe mittelst Winden so tief gesenkt, daß es sich noch nach allen Seiten hin wagerecht verschieben ließ. Nachdem nun die Stellung desselben berichtigt war, wurde es zwar schwebend, jedoch durch an die Rüstung befestigte wagerechte Hölzer in der richtigen Stellung erhalten. Hierauf endlich wurden die Spundpfähle in die Zwischenräume zwischen den Riegelhölzern des Gerippes eingebracht und so weit eingerammt, bis sie den Felsen berührten, wodurch dann der Kasten eine feste Stellung erhielt, so daß nunmehr die Taue gelöst werden konnten, woran bis dahin das Gerippe befestigt gewesen. In Fig. 191 A und B ist diese Anordnung im Grundriß und im Längendurchschnitt und in Fig. 191 im Querdurchschnitt dargestellt.

Ehe jedoch der Kasten versenkt und aufgestellt wurde, reinigte man den Baugrund mittelst Baggermaschinen und eiserner Schaufeln, die in Gestalt eines Rechens an einem langen Stiele befestigt waren und durch einen Besen von Faschinen, der flußabwärts bewegt wurde, um die Wirkung des Stromes noch zur Fortschaffung des Sandes und feineren Kieses zu benutzen. Um die Unebenheiten des Grundes auszugleichen und zugleich auch die Höhlungen des Felsens zu befestigen, wurden die Stellen, wo der Felsen nicht nackt war, mit einer 0,2 bis 0,3 Meter hohen Lage von Bruchsteinstücken bedeckt und dieselben überall mit einem gußeisernen 650 Kilogramm schweren Rammkloße gerammt, der am Ende eines eichenen Stieles befestigt war, welcher mit dem Beschlage 200 Kilogramm wog.

Diesen Rammkloß ließ man vermittelst einer Zugramme auf jede Stelle 30mal lothrecht hinabfallen. Nach einer solchen Hitze war der Boden um 0,25, an einigen Stellen bis 0,38 Meter zusammengepreßt. Ein Visitireisen, welches neben der gerammten Stelle bis zum Grunde hinabgelassen und lothrecht gehalten wurde, zeigte keine Erhebung der darunter liegenden Stoffe an.

Nachdem nun der Boden so vorbereitet war, wurde der oben beschriebene Kasten aufgestellt und der innere Raum desselben mit Béton ausgefüllt. Diese Ausfüllung wurde bis zur Oberfläche der obersten Riegelhölzer ausgeführt und der darüber befindliche Raum, welcher von den calfaterten Fallschützwänden eingeschlossen war, nachdem der Béton gehörig erhärtet, ausgeschöpft und nunmehr die Mauerung darauf fortgesetzt. Hierbei zeigte sich, daß der Béton sich zwar nicht an das Holz anfügt, aber doch so genau an dasselbe sich anlegt, daß das Durchsickern des Wassers gehemmt wird.

Die Wände des Kastens bleiben hierbei stehen und vertreten die Stelle der Spundwände. Zur Sicherung gegen Ausspühlung und sonstige Beschädigungen wurden die Pfeiler äußerlich noch mit einem Steinbewurf beschüttet.

Der zweite Fall, welcher hier zu erwähnen ist, ist der, wenn der Baugrund aus Sand oder Kies besteht, bei welchem vorausgesetzt wird, daß sich sehr starke Quellen bilden würden, wenn man die Fundirung in gewöhnlicher Art vornehmen und das Wasser ausschöpfen wollte. Es ist schon früher erwähnt, daß durch das Aufsteigen der Quellen der Boden im hohen Grade gelockert, damit aber auch gleichzeitig die Tragfähigkeit desselben vermindert

wird, weshalb die Fundirung so ausgeführt werden muß, wodurch die Senkung des Grundwassers unnöthig gemacht wird.

Das Verfahren hierbei ist folgendes. Zunächst umgiebt man den ganzen Raum für den Pfeiler mit einer ziemlich dichten Spundwand, in der Art wie diese weiter oben beschrieben, wobei es übrigens weiter nicht nachtheilig ist, wenn auch einige Fugen von 1 bis höchstens 2 Zoll Weite in derselben bleiben, indem dadurch ein Abfluß des Bétons eben nicht zu besorgen ist. Es ist dies im Gegentheil sogar vortheilhaft zur Abführung des entstehenden Kalkschlammes, der sich bei der Versenkung des Bétons unbedingt bildet. Der so umschlossene Raum wird dann so tief ausgebaggert, daß eine Unterspühlung des fertigen Pfeilers nicht weiter zu besorgen steht. Trübt sich bei diesem Ausbaggern das Wasser so sehr, daß ein starkes Absetzen von Schlamm befürchtet werden muß, so überschüttet man den Boden mit einer Lage grobem Kies, zwischen welchen sich der Schlamm lagern kann, ohne dann später den Béton zu verunreinigen. Dieses Verfahren kam bei der Fundirung der Eingangsschleuse in den Canal St. Martin in Anwendung.

Hierauf geht man zur Versenkung des Bétons über und setzt dieselbe so weit fort, bis man nahe unter dem kleinsten Wasserstande das gewöhnliche Mauerwerk beginnen kann. Da man aber in dieser Höhe die Stärke des Pfeilers gewöhnlich bedeutend reducirt, so gewinnt man hier einen hinreichenden Raum, um eine leichte Umschließung des Pfeilers entweder durch einen kleinen Bétonfangedamm oder durch eine sonstige Vorrichtung vornehmen zu können, in dessen Schutze es dann möglich wird, einige Fuß tiefer das Wasser über dem Pfeiler auszuschöpfen und sonach das folgende Mauerwerk im Trocknen aufzuführen. Dies läßt sich noch leichter erreichen, wenn man einen hölzernen Rahmen versenkt, in welchen lothrechte ausgenuthete Stiele eingezapft sind, in diese Nuthen werden dann dichte Tafeln eingeschoben und die Wände des so hergestellten Kastens wasserdicht gemacht und calfatert. Ein solcher Kasten wird auf das Bétonbette gesenkt und mit der Ausfüllung desselben fortgefahren, bis der untere Rahmen wenigstens 1 Fuß hoch mit Béton überdeckt ist. Schöpft man dann, nachdem der Béton gehörig erhärtet ist, das Wasser aus diesem umschlossenen Raume aus, so läßt sich das noch herzustellende Mauerwerk ganz im Trocknen aufführen. Auf diese Weise kann man mit der Mauerung bis 5 Fuß tief unter den Wasserspiegel gehen. Nach ausgeführter Mauerung werden die eingeschobenen Tafeln entfernt und die Stiele bis zur Höhe des Bétonbettes abgeschnitten, weil dieselben in dieser Höhe später nur hinderlich sein würden. Um die Pfeiler aber ferner gegen Unterspühlung und gegen Eisgang zu schützen, wird um jeden Pfeiler am Umfange des Kastens ein Steinwurf angeordnet.

Dieser Gründungsart hat man sich schon vielfach bedient, sowohl bei Brücken- als auch bei Schleusenbauten. Unter anderem ist auch dieselbe bei einer Tiefe von 16 Fuß unter Wasser zur Gründung des neuen Pfeilers der Brücke Notre-Dame zu Cahors mit gutem Erfolge angewendet.

Wenn nun auch im Allgemeinen die Art in Kasten zu gründen, sie mögen nun auf die erste oder zweite Art zur Anwendung kommen, viele Vortheile dar-

bietet, so sind damit zu gleicher Zeit aber auch manche Schwierigkeiten verbunden, die zu überwinden man mit aller Vorsicht zu Werke gehen muß. Was namentlich die Zubereitung des Bétons betrifft, so darf man sie nicht unerfahrenen oder fahrlässigen Arbeitern anvertrauen, sondern man muß, nachdem die Mischungsverhältnisse durch vorhergehende Versuche festgestellt sind, hierzu, so wie auch zum Versenken des Bétons nur tüchtige und gewissenhafte Arbeiter anstellen.

Neuntes Capitel.

Vom Mauerwerk, von den Bohlwerken und von den Futtermauern.

---

§. 68. Vom Mauerwerk.

Es giebt verschiedene Arten von Mauerwerk und zwar je nach dem Material, welches dazu verwendet, oder nach der Art, wie dasselbe zubereitet wird; jedoch sind es hauptsächlich nur zwei Arten von Mauerwerk und es heißt die erste Art desselben Hausteingemäuer oder Mauerwerk aus zugerichteten Steinen; die zweite Art wird gewöhnliches Mauerwerk oder Mauerwerk aus Bruchsteinen oder aus Backsteinen genannt.

Der Zweck, welchen man bei jeder Gattung von Mauerwerk namentlich im Auge hat, ist der, aus einzelnen mit einander verbundenen Steinen eine einzige Masse zu bilden, die dieselbe Festigkeit erhält, als wenn sie aus einem einzigen Stücke bestände.

Was die erste Art des Mauerwerks oder das Hausteingemäuer betrifft, so besteht dasselbe aus lauter einzelnen mit einander durch Mörtel verbundenen behauenen und zugerichteten Steinen. Die Festigkeit einer solchen Mauer hängt nicht allein von der Größe der Steine in jeder Schicht, sondern auch von der Genauigkeit des Behauens, so wie von dem Verbande ab, in welchem die einzelnen Steine zu einander gelegt werden.

Den Verband nennt man die Anordnung der Steine in jeder Schicht. Diejenigen Steine nun, deren längere Seite im Mauerhaupte liegt, heißen Läufer, diejenigen Steine dagegen, deren kleinste Seite im Mauerhaupte liegt, Binder. Ein Durchbinder heißt aber ein solcher Stein, welcher von der Vorderseite der Mauer bis zur Rückseite geht. Diese beiden Arten von Steinen werden abwechselnd neben einander gelegt und bilden somit den Verband der Schicht. Bei der nächstfolgenden Schicht, welche eben so angeordnet wird, hat man nun darauf zu achten, daß die verticalen Fugen dieser Schicht nicht mit denen der nächst unteren Schicht zusammentreffen, sondern es muß jede Fuge der unteren Schicht von dem vollen Steine der nächst oberen Schicht gedeckt werden.

Die Lagerfugen der einzelnen Schichten müssen immer rechtwinkelig auf die Richtung des Druckes sein, indem dann die Steine bei einer solchen Anordnung keine Veranlassung haben, über einander zu gleiten. Die Stoßfugen oder die verticalen werden rechtwinkelig auf die Lager und auf die Häupter gestellt, wobei dann die Steine an den Lagern rechte Winkel und somit die größte Festigkeit erhalten. Dies erleidet zwar in einigen Fällen eine Abweichung, wo nämlich die Mauer eine starke Dossirung erhält. In solchen Fällen übrigens werden die Lagerfugen nicht durchweg horizontal ausgearbeitet, sondern etwa 6 Zoll von dem Haupte an rechtwinkelig gegen die Außenfläche gestellt und nur der hintere Theil der Lagerfuge wird horizontal. Eine solche Bearbeitung erfordert aber immer sehr viel Material und es ist eben so vortheilhaft, die unterste Schicht gleich so anzuordnen, daß deren Lagerfuge rechtwinkelig auf die Richtung des Druckes steht

Die Größe der Steine richtet sich immer nach der Art derselben und des Steinbruchs, wo dieselben gebrochen werden und es lassen sich nicht in allen Steinbrüchen Steine von jeglichen erforderlichen Dimensionen erhalten. Aber dennoch muß immer ein gewisses Verhältniß zwischen den Abmessungen der Läufer und Binder bestehen, um so viel als möglich die Vortheile der größten Stabilität und des Maximums vom Widerstande der Steine zu vereinbaren. Es läßt sich hierüber nun zwar keine bestimmte Regel aufstellen, jedoch hat die Erfahrung gezeigt, daß für den Stein von mittlerer Dauer den Läufern die dreifache Höhe zur Länge und die zweifache Höhe zur Breite gegeben werden kann. Die Binder können alsdann ebenfalls dieselben Abmessungen haben.

Hat man dagegen sehr festes Gestein, so kann man, wenn die Höhe desselben mindestens e i n e n Fuß beträgt, den Läufern das Fünffache der Höhe zur Länge und das Zwei- und Dreifache der Höhe zur Breite geben. Man giebt den Steinen aber selten eine so bedeutende Länge, indem erstlich ein jeder Stein von solchen großen Dimensionen eine beträchtliche Kraft erfordert, ihn richtig zu versetzen und ferner auch bei großer Länge Gefahr vorhanden ist, daß der Stein bei unrichtiger Auflagerung oder bei ungleichmäßig vertheiltem Drucke zerbricht.

Für die oberste Schicht einer Mauer, also für die Deckschicht, können diese Einwendungen gegen eine zu große Länge der Steine nicht gemacht werden, sondern im Gegentheil sind hier sehr lange Steine sogar sehr vortheilhaft. Denn erstlich erleiden die Steine hier keinen ungleichmäßig vertheilten Druck mehr, ferner aber wird die Zahl der Stoßfugen bedeutend kleiner und die Mauer ist unter einer solchen Bedeckung bedeutend geschützter. Hierbei ist es aber dennoch immer erforderlich, daß die Lager mit Sorgfalt gearbeitet werden, damit die Steine überall aufliegen.

Das Behauen der Steine muß mit großer Genauigkeit ausgeführt werden. Vor dem Versetzen eines Steines in Mörtel muß man genau untersuchen, ob das obere Lager der unteren Schichten genau im Winkel zu der Stirnfläche zugerichtet ist, eben so ob auch die verticalen oder geneigten Fugen gerade Flächen bilden. Ist dies nicht der Fall, so muß man die erhabenen Stellen erst abflächen; hiernach bringt man das Werkstück zur Stelle und prüft die

Richtigkeit seiner Lage mittelst des Senkbleies, des Winkels, der Setzwage und des Richtscheits. Hat man sich nun überzeugt, daß der Stein so zugerichtet ist, daß er sich genau an die benachbarten Werkstücke anschließt, so schreitet man zum wirklichen Versetzen auf dem Mörtellager, welches ihn aufnehmen soll.

Den also hergerichteten Stein nimmt man wieder hinweg, breitet, nachdem das Lager der unteren Schicht gereinigt und angenetzt worden ist, darauf eine recht gleiche Lage feinen Cementmörtels von circa 6 bis 8 Linien Dicke aus; eben so wird auch die verticale Fuge angenetzt und mit Cementmörtel überzogen. Zur Schonung der Kanten legt man dünne Bleiplatten, aus Dachblei bestehend, auf die vorderen Kanten der unteren Schicht und läßt nun den Stein herunter, indem man ihn gleich in die richtige Lage zu bringen sucht, was dadurch geschieht, daß man Brecheisen unter die hinteren Kanten des Steines setzt und mittelst derselben den Stein in die richtige Lage schiebt. Hat man nun seine Lage aufs Neue mit Richtscheit, Setzwage und Winkelmaß untersucht, so schlägt man mit einem hölzernen Schlägel darauf, um den überflüssigen Mörtel durch den Druck aus den Fugen heraustretend zu machen. Gewöhnlich geschieht dies aber schon allein durch die Last des Steines. Durch die untergelegten Bleiplatten wird dies keineswegs verhindert, sondern diese dienen nur dazu, wenn beim Zurechtschieben des Steines derselbe sich kanten sollte, was gar nicht zu vermeiden ist, daß die Kanten desselben nicht abspringen.

Eine sehr fehlerhafte Methode des Versetzens ist die, mittelst Keilen oder Unterlagen zu versetzen. Hierdurch wird das Versetzen der Steine sehr erleichtert und erfordert wenig Nachhauen und Ueberarbeiten nach dem Versetzen; denn man kann mittelst mehr oder minder hoher Keile einen Stein, ungeachtet der Fehler im Behauen der Lager, so versetzen, daß seine Stirnfläche der der zu erbauenden Mauer entspreche und sein oberes Lager in der Ebene der Schichthöhe liege. Hierbei erhalten die Steine nicht selten eine Lagerfuge von beinahe einem Zoll, welche dann mit Cementmörtel vollgegossen wird. Um dieses leichter ausführen zu können, bedient man sich einer langen eisernen Kelle, mit welcher man den Mörtel unter den Stein zu bringen sucht. Die vorderen Fugen werden dann mit Werg oder Hanf geschlossen, bis der eingegossene Mörtel Consistenz genug hat und nicht mehr herauslaufen kann. Die Folge dieser Versetzungsweise ist aber, daß der Mörtel durch das Trocknen schwindet und somit sein Volumen vermindert, wo dann der Stein nur noch durch die an den Kanten untergesteckten Keile getragen wird, was aber, da die Steine nicht überall aufliegen, sehr leicht und oft einen Bruch derselben verursachen kann.

Um die Steine in den einzelnen Schichten noch fester mit einander zu verbinden, hat man eiserne Klammern angewandt, die in den Steinen eingehauen wurden; oder man hat sich auch langer eiserner Schienen bedient, welche Anker heißen und auf dem oberen Lager der Schicht nach der ganzen Länge derselben eingefugt werden. Jeder Stein, woraus die Schicht zusammengesetzt ist, erhält ein verticales Loch, welches auf das in die Schiene geschlagene trifft, durch die Schiene wird dann ein eiserner Zapfen gesteckt, der in das Loch des Steines paßt und darin befestigt wird.

Die Klammern, Zapfen und Anker werden mit Blei in den Steinen befestigt. Statt des Bleies wendet man auch wohl Schwefel oder Cement an, welches, indem das Eisen der Klammern oxydirt, zwar eine sehr feste Verkittung darstellt, aber dennoch nicht so solid ist, als das Vergießen mit Blei.

Das Bruchsteingemäuer weicht von dem ersteren insofern sehr bedeutend ab, daß die einzelnen Steine keineswegs zugehauen, sondern ganz rauh, wie man sie findet, angewendet werden und daß man somit auf eine gleiche Höhe der Schichten keineswegs Rücksicht nimmt.

Bei Herstellung dieses Gemäuers wird jeder einzelne Stein so viel als möglich mit dem Spitzhammer zugehauen und alsdann in ein starkes Mörtellager gelegt. Von den Seiten herum werden die größeren Fugenöffnungen, die voll Kalk geworfen werden, mit dazu passenden kleineren Steinen vollständig ausgezwickt. Es ist ferner erforderlich, daß die Mauer von beiden Seiten zugleich schichtenmäßig aufgeführt und daß das Innere mit der Höhe der äußeren Reihen, welche die Häupter bilden, abgeglichen werde.

Im Allgemeinen erfordert das Bruchsteingemäuer die strengste Aufsicht, wenn es gehörig aufgeführt werden soll und durchaus nothwendig ist es, daß alle Zwischenräume aufs vollständigste mit Mörtel und Steinen ausgefüllt und ausgezwickt werden, so daß ein durchaus voller Mauerkörper entsteht, indem nur in diesem Falle eine solche Mauer Solidität erlangen kann. Es versteht sich von selbst, daß man die Steine, wenn sie auch unregelmäßig und nicht lagerhaft sind, dennoch möglichst in Verband setzen muß. Eben so darf man auch die Häupter nicht für sich allein mit großen Steinen aufführen und das Innere dann mit Abfall von den Bruchsteinen und mit Mörtel ausfüllen, sondern es müssen dazu ebenfalls möglichst lagerhafte und große Steine angewendet und mit dem Abfall nur die Zwischenräume ausgezwickt werden.

Bei beiden erwähnten Mauerwerken befolgt man jedoch noch die Regel, daß man die Steine auf die Flächen legt, auf welchen sie in den Steinbrüchen schon lagerten; sie gewähren alsdann eine größere Haltbarkeit, als wenn sie anders geneigt werden.

Was das Backsteingemäuer betrifft, so ist dasselbe zu allen Arten von Bauwerken vortrefflich geeignet, indem es die Eigenschaft hat, mehr als jede andere Art Mauerwerk, mit Ausnahme des Béton, vom Wasser undurchdringbar zu sein. Außerdem hat es auch eine große Festigkeit und Dauer bei richtiger Ausführung, was der großen Adhäsion zwischen Mörtel und Backstein unbedingt zuzuschreiben ist.

Die Herstellung desselben ist wegen der Regelmäßigkeit der Prismen, aus denen es besteht, die leichteste von allen. Man hat nur dafür zu sorgen, daß der Verband immer richtig eingehalten wird. Es giebt zweierlei Verband, nämlich den Blockverband und den Kreuzverband. Bei beiden Verbänden bestehen die einzelnen Schichten zwar abwechselnd nur aus Läufern und aus Bindern, beim Kreuzverband aber halten die verschiedenen Läuferschichten wieder unter sich Verband, indem hierbei die Stoßfugen der nächsten Läuferschicht immer auf die Mitte der Steine der nächst unteren Läuferschicht treffen. Bei sehr starken Mauern bringt man auch eine wesentliche Abwechselung in den

Fugen noch dadurch hervor, daß man in einzelnen Mauerschichten die Steine weder als Läufer noch als Binder, sondern in einer Richtung legt, die beide benannten unter einem Winkel von 45 Grad schneidet. Diese Schichten nennt man Strom- oder Schmiegschichten.

Es ist bei diesen Mauern nicht allein erforderlich, daß an den Häuptern derselben ein richtiger Verband hergestellt werde, sondern es muß dieser auch im Innern stattfinden und zwar sowohl nach der Quere als auch nach der Längenrichtung der Mauer.

Die Stärke, welche eine Mauer erhalten muß, hängt einmal zum großen Theil von der rückwirkenden Festigkeit des Materials ab, ferner aber, und namentlich bei Futtermauern, auch von dem Seitendrucke, den die Mauer auszuhalten und welchem sie vermöge ihrer Stabilität das Gleichgewicht zu halten hat. Ueber das letztere wird in den nächsten Paragraphen das Nöthige vorgetragen. Was die rückwirkende Festigkeit der verschiedenen Materialien betrifft, so ist darüber bereits im zweiten Capitel das Nöthige erwähnt und es sollen hier nur noch einige bezügliche Bemerkungen angeführt werden.

Bei Anordnung von Bauwerken darf man durchaus nicht eine solche Belastung eintreten lassen, welche der durch Beobachtung gefundenen Festigkeit der Materialien gleich käme, indem die Gefahr eines Bruches schon eintritt, sobald der Druck nur den zehnten Theil desjenigen Druckes beträgt, der durch Versuche gefunden wurde. Man findet nun zwar Gebäude, bei denen dieses Maß bedeutend überschritten ist und wenn dieselben sich auch gut erhalten haben, so folgt daraus noch keineswegs, daß man diese Resultate auch auf neu aufzuführende Bauwerke anzuwenden habe. Ueberhaupt, da die Bearbeitung der Steine im Großen nie so sorgfältig ausgeführt wird, als dies bei kleineren zu Versuchen bestimmten Steinen der Fall ist, so ist dies noch um so mehr Grund, bei Bestimmung der zu gebenden Belastung vorsichtig zu sein. Nach Rondelet soll man $\frac{1}{20}$ der gefundenen Versuchszahl annehmen, und zwar wenn k die Versuchszahl, b und h die Breite und Dicke des Steins bezeichnet, so giebt Rondelet für volle Sicherheit die Formel $\frac{bhk}{20}$ an.

Ein Umstand, welcher noch sehr zu berücksichtigen ist, ist der, daß die Festigkeit, welche dem Material ursprünglich eigen war, mit der Zeit mehr oder weniger verschwindet. Diese Veränderung wird namentlich durch darauf einwirkende Nässe oder Kälte, welche besonders in ihrer Verbindung so nachtheilig wirken, hervorgebracht. Die Nässe, indem sie in den Stein dringt, sucht die Oberfläche desselben zu zerstören, wozu nicht allein die Nässe sondern auch die Luft beiträgt; diese so auf der Oberfläche entstandene Veränderung nennt man das Verwittern des Steines. Wirkt aber noch auf einen Stein der Frost ein, so ist es nicht selten, daß derselbe ausfriert. Das Verwittern ist, wie schon erwähnt, die Folge einer chemischen Einwirkung des Wassers auf den Stein oder auf einzelne Theile desselben. Die Frostbeständigkeit aber hängt von der Textur des Steines ab und läßt sich daher durch eine chemische Untersuchung nicht erkennen. Die einfache Probe, den Stein einen Winter hindurch der Nässe und dem Froste auszusetzen und nach dem veränderten Zustande die

Frostbeständigkeit des Steines zu bestimmen, ist durchaus nicht hinreichend, obwohl gewöhnlich die Gefahr des Ausfrierens am größten ist, so lange die Bergfeuchtigkeit sich noch in dem Steine befindet. Bei künstlichen Steinen ist eine solche Probe schon weit bestimmter, denn bei diesen zeigt es sich bald, ob sie frostbeständig sind oder nicht, indem im letzteren Falle sich dünne Schichten oder Blättchen ablösen und herabfallen.

Eine ziemlich sichere Probe, die Frostbeständigkeit der Steine zu untersuchen, hat Brad angegeben. Das Verfahren besteht darin, daß man, statt den Stein der ausdehnenden Kraft des gefrierenden Wassers auszusetzen, auf ihn ein leicht krystallisirbares Salz wirken läßt. Man wählt im Steinbruche verschiedene Proben aus, läßt diese in Würfel von circa 2 Zoll scharfkantig anfertigen, indem sie mit einer Säge geschnitten werden; durch das Behauen würden sie leiden können. Man löst nun in einer hinreichenden Menge Wasser so viel schwefelsaures Natrum (Glaubersalz) auf, daß die Auflösung völlig gesättigt ist. In dieser Auflösung kocht man die Steinwürfel 30 Minuten lang, nimmt hierauf die Würfel heraus und hängt sie isolirt an dünnen Schnüren über ein Gefäß mit der Auflösung gefüllt, auf. Diese Auflösung muß aber vorher abgegossen sein, indem sich immer einige Steintheilchen von den Probewürfeln durchs Kochen losreißen.

Nach Verlauf von 24 Stunden, wenn die Witterung nicht zu kalt und feucht ist, bilden sich auf den Oberflächen der Würfel schon kleine weiße Salzkrystalle, die man dadurch wegschafft, daß man die Steine in das untergestellte Gefäß eintaucht und dieses so oft wiederholt, als sich ein neuer Salzbeschlag zeigt. Dieses wird während 5 bis 6 Tagen fortgesetzt.

Wenn der Probestein nicht durch den Frost leidet, so findet man nach vollendeter Probe auf dem Boden des Gefäßes weder Sand, noch blätterige Absonderungen. Leidet der Stein aber durch den Frost, so wird man vom Anfange an, wo sich der Stein mit einem Salzbeschlage überzog, kleine Bruchstücke von demselben finden und überhaupt wird der Stein seine scharfen Kanten verlieren.

Wollte man diese Probe länger als oben angegebene Zeit dauern lassen, so würde sich auch der beste Stein zuletzt unbrauchbar zeigen.

Diese Versuche nicht, wohl aber die Erfahrung, haben gezeigt, daß die Dichtigkeit der Steine auch nicht immer maßgebend hinsichtlich der Frostbeständigkeit ist. Denn eine Menge Sand- und Kalksteine, welche das Wasser nicht blos einsaugen, sondern sogar durchlassen, widerstehen der größten Kälte, während andere dichte Steine dadurch zersplittern.

§. 69. Erklärung.

Um zu verhindern, daß bei Erdanhöhungen die Erde abschieße oder durch Regen und durch das am Fuße der Erhöhung befindliche Wasser abgespühlt werde und namentlich auch, um eine sichere und bequeme Passage längs des erhöhten Ufers zu erhalten, bedient man sich einer Erdeinfassung, die entweder aus Holz oder aus Steinen bestehen kann.

Bestehen diese Einfassungen nun aus Holz und zwar aus eingerammten und mit Bohlen verkleideten Pfählen, so nennt man dieselben **Bohlwerke**. Bestehen aber solche Einfassungen aus Mauerwerk, so heißen sie **Futtermauern**.

§. 70. Von den Bohlwerken.

Die Bohlwerke oder hölzernen Uferschälungen kommen so häufig vor, wie kaum eine andere Art von Wasserbauwerken, wenngleich nicht zu verkennen ist, daß sie in Ansehung ihrer Dauer zu den schlechtesten Einfassungen gehören, indem sie alle 15 bis 20 Jahre ganz erneuert werden müssen, in der Zwischenzeit aber immer viele Reparaturen erforderlich machen.

Die Bohlwerkspfähle, so wie auch die Bohlenverkleidungen sind, da sie der abwechselnden Nässe und Trockenheit von außen, und von innen der fortwährenden Einwirkung der Erdfeuchtigkeit ausgesetzt sind, der Fäulniß besonders stark unterworfen. Man muß daher zu denselben eine Holzart wählen, welche diesem einigermaßen widersteht. Hierzu kommt aber noch, daß die Pfähle manchmal eine bedeutende Länge haben und immer recht gerade sein müssen, wenn das Einrammen derselben nicht zu sehr erschwert werden soll und man dem Baue kein zu unregelmäßiges Ansehen geben will. Wo das Eichenholz nicht zu theuer ist nimmt man daher dasselbe am vortheilhaftesten zu diesen Arbeiten; in Ermangelung desselben verwendet man am besten das Kiefernholz.

Da die Bohlwerkspfähle keineswegs sehr schwer belastet werden, sondern nur hauptsächlich dem Seitendruck des Erdreichs zu widerstehen haben, so dürfen sie nicht so fest eingetrieben werden, als die Rostpfähle. Um aber dem Seitendruck der Erde widerstehen zu können, genügt es, wenn sonst der Grund nicht schlammig und locker ist, daß man die Pfähle höchstens bis auf ihre halbe Länge einrammt, zumal da zur besseren Haltung noch besonders Erdanker angeordnet werden. Was die Stärke der Pfähle betrifft, so richtet sich diese hauptsächlich nach dem Seitendruck der Erde; dieses ist jedoch nicht allein maßgebend, sondern man muß hierbei auch gleichzeitig Rücksicht darauf nehmen, daß von Jahr zu Jahr der Querschnitt durch die von außen nach innen dringende Fäulniß verkleinert wird und deshalb die nothwendige Erneuerung um so früher eintritt, je schwächer die Pfähle ursprünglich genommen wurden.

Die Pfähle werden selten behauen, sondern meistens nur entrindet und unter einer nach innen gerichteten Neigung eingerammt, damit sie dem Erddruck um so besser Widerstand leisten können. Nachdem dann dieselben vollständig eingerammt sind, werden sie einigermaßen gerichtet, was bei der freistehenden Länge noch immer möglich ist und an der inneren Seite, gegen welche die Bohlen genagelt werden, etwas bekantet. Die Pfähle vollständig zu bekanten ist höchst überflüssig und verschwenderisch, indem dann um so stärkeres Holz zu den Pfählen erforderlich ist.

Die Entfernung der einzelnen Pfähle von einander richtet sich nach der Stärke der Bohlen, die zur inneren Verschalung angewendet werden sollen. Gewöhnlich nimmt man diese Entfernung zu 4 bis höchstens 6 Fuß von Mitte

zu Mitte der Pfähle an. Im letzteren Falle muß man übrigens schon sehr starkes Holz zur inneren Bekleidung verwenden. Um die Bohlwerkspfähle gehörig unter einander zu verbinden und das Ausweichen einzelner Pfähle zu verhindern, werden sie mit einem Holme bedeckt, welcher auf die sämmtlichen Pfähle aufgezapft wird. Wird der Holm aus mehreren Längen zusammengesetzt, so geschieht dies nur durch ein stumpfes Zusammenstoßen über einen Pfahl. Die hierdurch entstehende Fuge wird dann durch einen 5 bis 6 Zoll breiten Bleistreifen, der aufgenagelt wird, bedeckt. Die Verbindung der einzelnen Stücke des Holms mittelst des Hakenblattes ist nicht zweckmäßig, indem dasselbe nur so lange eine festere Verbindung gewährt, als das Holz noch vollständig gesund ist; sobald aber die Fäulniß allmälig eintritt, verschwindet der genaue Schluß. Der Holm wird in seiner Zusammensetzung noch durch eine aufgenagelte eiserne Schiene zusammengehalten. Diese Schienen werden mit starken Nägeln und Klammern an den Holm befestigt und zwar gewöhnlich an den Seiten desselben, was jedenfalls vortheilhafter ist, als dieselben oben auf dem Holm zu befestigen. Damit sich das Regenwasser auf dem Holme nicht ansammeln kann, wird die obere Fläche desselben nach beiden Seiten hin abgerundet oder abgeflächt.

Um den Holm gehörig auf die Pfähle zu befestigen, was durch die Vernagelung mit hölzernen Nägeln keineswegs erreicht werden kann, wird derselbe durch übergelegte eiserne Bügel festgemacht, deren Schenkel um circa 2 Fuß an den Pfählen herunterreichen und an diese mittelst starker eiserner Nägel und Klammern genagelt werden.

In Fig. 192 A und B ist ein niedriges Bohlwerk in der Ansicht und im Durchschnitt dargestellt, wodurch das bisher Gesagte noch deutlicher wird.

Statt des Holmes bringt man bei kleineren Bohlwerken auch wohl Zangen an, welche die Bohlwerkspfähle umfassen und deren Verbindung mit Schraubenbolzen hergestellt wird. In Fig. 193 A und B ist diese Anordnung in der Ansicht und im Durchschnitt näher dargestellt.

Hierbei sind die Pfahlköpfe zwar nicht durch Holme bedeckt, allein um zu verhindern, daß in dieselben das Regenwasser eindringe, kann man die Pfahlköpfe schräg abschneiden und alsdann Brettstücke darauf nageln, wodurch das Eindringen des Wassers verhindert wird.

Gegen die beschriebene Pfahlwand wird die Bohlenbekleidung aufgesetzt. Dieselbe besteht gewöhnlich aus 3= oder 4zölligen Bohlen, die horizontal an die Pfähle genagelt werden. Damit die Bohlen sich besser an die Pfähle anlegen, werden die letzteren, wie schon oben angeführt, an der inneren Seite bekantet. Die Stöße der Bohlen müssen jedesmal auf die Mitte eines Pfahles treffen, jedoch dürfen nicht mehr Stöße über einander auf einen Pfahl kommen. Zur Haltung der Bohlen werden dieselben an die Pfähle angenagelt, dies ist aber nicht bei jedem Pfahl erforderlich, indem, sobald die Füllerde dahinter liegt, die Bohlen dicht an die Pfähle gedrückt werden. In den Stößen müssen jedoch die Bohlen gehörig genagelt werden. Um einen dichten Schluß der Bohlen auf einander zu erhalten, werden die Fugen mit Schalbrettern bedeckt und diese auf die Bohlen festgenagelt. Ein Abschrägen der Bohlen an den

Seitenkanten oder ein Verspunden ist nicht so zweckmäßig, indem die scharfen Kanten oder der geschwächte Rand der Bohlen sehr bald fault und somit der beabsichtigte Zweck dann von selbst verloren geht. Bedeckt man aber, wie eben angeführt, die Fugen der Bohlen von innen mit Schalbrettern, so erreicht man dadurch einmal, daß die Erde nicht durchfallen oder vom Wellenschlage getroffen werden und ferner auch, daß die Erdfeuchtigkeit nicht unmittelbar auf die Bohlenbekleidung einwirken kann.

Man ordnet auch die Bohlwerke zuweilen und namentlich in denjenigen Fällen, wo man nicht hinreichend langes und starkes Holz zu den Pfählen erhalten kann, so an, daß man dieselben aus Grundpfählen mit aufgesetzter Wand bestehen läßt. Nachdem nämlich die Grundpfähle eingerammt sind, werden sie in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes sämmtlich wagerecht abgeschnitten und mit Zapfen versehen. Hierüber wird der Holm gestreckt und mit jedem einzelnen Pfahle verbohrt. Auf diesen Holm wird dann das eigentliche Bohlwerk aufgesetzt und die Pfähle desselben werden an beiden Enden unten und oben mit Zapfen versehen. Mit den unteren Zapfen stehen sie in dem unteren Holm, mit welchem sie ebenfalls verbohrt werden. Oben auf die Pfähle wird noch ein zweiter Holm oder ein Deckholm gelegt, in welchen die sämmtlichen Pfähle mit Zapfen eingreifen. Der untere Holm wird zur bessern Befestigung noch mit sämmtlichen Grundpfählen durch starke eiserne Spitzklammern verbunden. Gegen diese aufgesetzte Wand wird die Bohlenbekleidung gelegt, und es gilt hinsichts der Herstellung dieser Bohlenbekleidung das bereits oben Angeführte. Die Pfähle der aufgesetzten Wand werden zur besseren Befestigung mit dem Grundholm ebenfalls durch starke Spitzklammern verbunden. Die Verbindung des oberen Holmes mit den Pfählen wird durch eiserne Bügel, wie bereits oben angeführt, noch mehr befestigt. Bei einem solchen Bohlwerke ist eine Verankerung durchaus nothwendig, denn ohne eine solche würde dasselbe sehr bald durch die dahintergefüllte Erde umgeworfen werden. Von den Verankerungen ist jedoch unten noch weiter die Rede und das daselbst Angeführte gilt auch hier. Die Anordnung eines solchen aufgesetzten Bohlwerks zeigt Fig. 194 A und B in der Ansicht und im Durchschnitt.

Befindet sich ein Bohlwerk unmittelbar an einem Flusse, so daß bei gewöhnlichem Wasserstande das Wasser den Fuß des Bohlwerks berührt, so läßt sich die Bohlenwand nur bis zu dem Wasserspiegel hinabführen und um dann eine Unterspühlung vom Wasser zu verhindern, muß entweder ein Deckwerk von Faschinen vorgelegt werden, was aber nur dann geschehen kann, wenn das Flußbett sehr flach ist, oder, was am sichersten ist, man muß eine Stülpwand oder eine Spundwand davor einrammen. Diese Anordnung ist in Fig. 196 näher dargestellt.

Die Spundwand kann man möglicherweise auch dadurch entbehrlich machen, daß man, nachdem die Pfähle eingerammt sind, hinter denselben den Grund bis zu einer solchen Tiefe ausbaggert, als möglicherweise eine Auskolkung stattfinden kann. Die unteren Bohlen werden alsdann zu Tafeln zusammengesetzt und diese Tafeln gegen die Pfähle geschoben und mit Erde hinterfüllt. Diese Tafeln müssen eine solche Höhe erhalten, daß sie von der Sohle des Grabens

bis über das Wasser reichen, damit sie mit ihrem oberen Rande noch an die Pfähle angenagelt werden können.

Zuweilen hat man auch die Bohlwerke nur aus Spundbohlen hergestellt, mit einzelnen davor eingerammten Pfählen, wie dies in Fig. 195 dargestellt ist. Diese Anordnung ist indessen nicht zu empfehlen, indem die Fäulniß im Holze, die sich immer zuerst in einer bestimmten Höhe zeigt, hier nicht mehr einzelne, sondern die sämmtlichen Bohlen trifft und sonach eine Reparatur nicht anders vorgenommen werden kann, als durch Erneuerung des ganzen Bohlwerks.

Kommt es bei einem Bohlwerke vor, daß die Richtung desselben sich ändert, so wird immer in den aus- oder einspringenden Winkeln ein besonders starker Pfahl als Eckpfahl eingeschlagen. Ueber diesem Eckpfahle, welcher dann mit einem Winkelzapfen versehen wird, bricht sich der Holm und die Enden desselben werden nach der Gehrung stumpf zusammengestoßen. An der ausspringenden Seite werden die Holme durch eine umgelegte starke eiserne Schiene, die an beide Holme mit starken Nägeln und Krammen festgenagelt wird, verbunden. Außerdem wird aber noch ein breiter eiserner Bügel um den Holm gelegt und die Schenkel desselben an beiden Seiten des Eckpfahles herabgehend, an diesen mit starken Nägeln und Krammen festgenagelt. Ueberhaupt wird jedesmal an der Stelle, wo der Holm gestoßen ist, was nur immer über einen Pfahl geschehen darf, ein 3 Zoll breiter Bügel angeordnet, wodurch dann beide Hölzer gleichzeitig gehalten werden.

Was das Hinterfüllungsmaterial betrifft, so ist die Beschaffenheit desselben keineswegs gleichgültig, denn nicht nur, daß die feinen und wenig zusammenhängenden Erdarten leicht durch Fugen durchgespühlt werden, sondern man hat auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß solche Erde gewählt werde, die nicht Fäulniß des Holzes und die Bildung des Schwammes befördert oder gar hervorruft. In beiden Fällen ist jedenfalls ein gut bindender Lehm sehr brauchbar, welcher unmittelbar hinter den Bohlen aufgebracht wird. Diese Lehmschicht erhält eine Stärke von einigen Fußen und dahinter wird dann das übrige Füllmaterial aufgebracht. Sehr nachtheilig ist eine mit vielem Humus und sonstigen vegetabilischen Stoffen versetzte Erde; diese würde in Berührung mit dem Holze sehr bald den Schwamm oder doch eine starke Fäulniß des Holzes hervorbringen oder befördern. Was dagegen das Durchfallen der Erde zwischen den Bohlen betrifft, so kann dies nur dann stattfinden, wenn sich bedeutende Wassermassen durchziehen, welche die Erde ausspühlen und mit sich fortreißen. Allein bei einer gehörigen Deckung der Fugen von innen hört auch dieses auf, wenn nicht von außen her der Wellenschlag eine Durchströmung erzeugen möchte. Dieses letztere läßt sich aber dadurch verhindern, daß man die Fugen auch außerhalb mit Leisten bedeckt. Diese Leisten müssen zwar häufig erneuert werden, indem sie durch äußere Umstände sehr leicht beschädigt oder losgerissen werden, allein diese Reparaturen sind bald herzustellen und machen keine bedeutenden Kosten. Beim Aufbringen der Hinterfüllungserde, welches nur immer schichtenweise geschehen darf, wird diese gleich mit einer Handramme mäßig festgestampft, damit sie eine dichtere Lage erhält und beim Durchziehen

des Wassers nicht zu sehr zusammensinkt, was für das Bohlwerk selbst nur nachtheilig sein kann.

Schon oben wurde bei Beschreibung der Fig. 194 angeführt, daß das so dargestellte Bohlwerk ohne besondere Verankerung nicht dem Seitendrucke der Hinterfüllungserde widerstehen könnte. Bei den übrigen Bohlwerken findet nun zwar, falls eine besondere Verankerung nicht angeordnet ist, ein sofortiges Umwerfen durch die dahinter gefüllte Erde nicht Statt; allein ein Ueberbiegen und Ueberweichen des Bohlwerks stellt sich dann jedenfalls ein, welches aber nach ganz kurzer Zeit den völligen Ruin des Bohlwerks herbeiführen würde. Um daher diesem vorzubeugen, muß man die Bohlwerke durch **Erdanker** unterstützen. Bei aufgesetzten Bohlwerken sind diese Erdanker, selbst wenn das Bohlwerk nur eine geringe Höhe hat, immer erforderlich; bei denjenigen Bohlwerken aber, die aus eingerammten Langpfählen bestehen, sind sie nur immer erst bei einer gewissen Höhe derselben erforderlich und ferner auch dann, wenn der Boden, in welchem die Pfähle eingerammt sind, besonders lose ist. Hieraus geht aber schon sogleich hervor, daß die Verankerung eine solche Festigkeit haben muß, daß sie den Druck der Erde sicher aufhebt.

Die Verankerungen, deren wesentliche Theile immer der Zug- oder Ankerbalken und die Ankerpfähle sind, können auf sehr verschiedene Art bewirkt werden. Der Ankerbalken, welcher mit seinem hinteren Ende mit den Ankerpfählen verbunden ist, faßt entweder unmittelbar einen einzelnen Bohlwerkspfahl oder einen Balken, der vor allen Pfählen als Zange vorbeigeht und an jedem einzelnen derselben angebolzt wird. Bei dieser letzteren Anordnung, wo die Zange außerhalb gegen die Pfähle liegt, wie Fig. 194 zeigt, liegt der Ankerbalken mit seinem Kopfe auf der Zange und ist in dieselbe verkämmt. Außerdem muß aber diese Verbindung noch durch einen durch beide gehenden Schraubenbolzen gehörig befestigt werden. Es stehen hierbei die Köpfe der Ankerbalken, so wie auch die Zangen vor der äußeren Fläche der Pfahlwand vor, was aber, so gut auch sonst die Verbindung zwischen dem Ankerbalken und der Zange ist, den Nachtheil hat, daß bei Eisgang diese Theile sehr leicht beschädigt werden können. Zur Befestigung des Ankerbalkens im Ufer werden je zwei Ankerpfähle eingerammt, gegen welche ein starker Riegel sich stützt, der mittelst langer eiserner Nägel oder durch Schraubenbolzen an die Ankerpfähle befestigt wird. Auf diesen Riegel wird dann das hintere Ende des Ankerbalkens verkämmt. Fig. 194 C zeigt diese Anordnung näher.

Eine andere Anordnung der Verankerung zeigt Fig. 197 in der Ansicht und Fig. 197 A im Grundriß. Der Zugbalken oder Ankerbalken ist hier unmittelbar mit dem Bohlwerkspfahl durch einen eisernen Bügel verbunden. Dieser Bügel umschließt den Pfahl ganz und die Schenkel desselben müssen mindestens $1\frac{1}{2}$ Fuß auf den Ankerbalken reichen; sie werden alsdann mittelst starker eiserner Nägel und Krammen an den Seiten desselben befestigt. Unmittelbar darüber liegt die Zange, jedoch innerhalb des Pfahls. Nachdem die Verankerungspfähle mit dem Ankerbalken verbunden sind und eben so auch die Zange an erstere mittelst Schraubenbolzen befestigt worden ist, werden die Zwischenpfähle mit dieser Zange ebenfalls durch Schraubenbolzen verbunden.

Die Befestigung des Ankerbalkens an seinem hinteren Ende ist hier in folgender Art angegeben. Nachdem nämlich die Ankerpfähle eingerammt sind, wird der Ankerbalken, der an seinem Ende durchlocht ist, zwischen diese gelegt und in das durchgestemmte Loch ein Riegel eingesteckt, welcher sich gegen die beiden Ankerpfähle stützt und somit den Ankerbalken hält. Hat dieser Riegel dann die Form eines Keiles, so kann man durch Antreiben desselben die ganze Verankerung zwar gleich gehörig spannen; allein dennoch ist diese Art der Befestigung nicht zu empfehlen, weil der eingetriebene Keil im Ganzen zu schwach wird und bei eintretender Fäulniß zu kurze Zeit Widerstand leistet.

Weit mehr vorzuziehen ist diejenige Anordnung, wo der Ankerbalken auf einen Riegel verkämmt wird, der sich gegen die Ankerpfähle stützt. In Fig. 200 A und B ist eine solche Anordnung in der Ansicht und im Grundriß dargestellt, wobei jedoch zu bemerken ist, daß hier zwei Riegel angeordnet sind, zwischen welchen der Ankerbalken liegt und in welche beide derselbe eingekämmt ist. Beide Riegel werden mit den Ankerpfählen durch Schraubenbolzen verbunden.

Fig. 198 A und B zeigt eine Anordnung in der Ansicht und im Grundriß, bei welcher zur Verankerung eines Pfahls jedesmal zwei Ankerbalken erforderlich sind. Die Ankerbalken treten so weit vor, daß ihre Köpfe in die Außenfläche des Bohlwerks zu liegen kommen. Sie werden mit dem zu verankernden Bohlwerkspfahl durch einen Schraubenbolzen verbunden; außerdem wird aber noch ein eiserner Bügel umgelegt, dessen beide Schenkel an den äußeren Seiten der Ankerbalken festgenagelt werden. Unmittelbar unter diesen Ankerbalken und zwar an der inneren Seite der Pfähle liegt die Zange, woran die Zwischenpfähle durch Schraubenbolzen befestigt werden. Zu mehrerer Festigkeit werden die Ankerbalken auf diese Zange verkämmt, so daß der vordere Schraubenbolzen nicht dem ganzen Drucke, welchen der Pfahl erleidet, allein zu widerstehen hat. Die Befestigung des anderen Endes der Ankerbalken ist der Art, daß dieselben auf einen Riegel verkämmt sind, der sich gegen einen zwischen den Ankerbalken eingerammten Ankerpfahl stützt.

Die in Fig. 199 und 199 A angedeutete Befestigungsart des Ankerbalkens unterscheidet sich von den beschriebenen nur dadurch, daß hier eine Verstrebung der Ankerpfähle angeordnet ist. Diese Verstrebung ist bei den gewöhnlichen Verankerungen jedoch selten zweckmäßig anzuwenden, wenn man nicht den Anker weit über den Wasserspiegel verlegen will. Dagegen ist diese Anordnung dann passend, wenn ein Bohlwerk in seiner Höhe zweimal verankert werden soll. Ein solcher Fall ist in den Figuren 203 A und B in der Ansicht und im Grundriß dargestellt. Es werden hier die beiden mittleren Ankerpfähle durch die Streben, welche mit ihren unteren Enden und zwar unter dem niedrigsten Wasserstande auf Stützpfähle aufgeklauet sind, unterstützt und am Nachgeben verhindert.

Bei den bisher beschriebenen Verbindungen der Ankerbalken mit den Bohlwerkspfählen war nur immer von eisernen Bügeln die Rede, welche den Pfahl umschließen. Eine einfachere Verbindung wird aber durch die Anordnung erreicht, welche Fig. 201 A und B in der Ansicht und im Grundriß zeigt. Es ist hier die Verbindung durch einen Schraubenbolzen bewirkt, welcher an der

oberen oder unteren Seite des Ankerbalkens befestigt ist und durch den Bohlwerkspfahl geht. Diese Verbindung gewährt doppelte Vortheile, einmal ist sie wohlfeiler, weil man dabei weniger Eisen gebraucht und ferner kann man durch scharfes Anziehen der Schraubenmutter gleich einige Spannung hervorbringen und solche auch später wieder darstellen.

Ein anderes Beispiel einer doppelten Veranferung eines Bohlwerks zeigt Fig. 202 A und B in der Ansicht und im Grundriß. Beide Reihen von Ankern werden hier von denselben durchgehenden Ankerriegeln gehalten. Die Anker sind an beiden Enden unterstützt und um ein Durchbiegen derselben in der Mitte zu verhindern, sind unter jedem Anker noch zwei Zwischenpfähle eingerammt, worauf sie ruhen. Der Ankerriegel ist hier durch zwei Reihen Ankerpfähle gestützt. Um ferner bei diesem Bohlwerke eine Spundwand zu vermeiden, sind auf der inneren Seite der Pfähle Faschinen versenkt, welche das Durchfallen der Hinterfüllungserde gleichfalls verhindern.

In Betreff der Anker ist noch Folgendes zu bemerken. Da dieselben immer eine gehörige Unterstützung erhalten müssen, damit keine Senkung derselben eintreten kann, so ist es erforderlich, daß unter den Ankerbalken, wenn diese eine nicht unbedeutende Länge erhalten, Pfähle eingerammt werden, worauf sie ruhen. Das Erdreich läßt sich nicht so feststampfen, daß bei durchziehendem Wasser dasselbe nicht noch etwas zusammensinke. In diesem Falle würde aber dann das Erdreich auf dem Ankerbalken lasten und die nothwendige Folge davon würde sein, daß der Ankerbalken, ohne eine gehörige Unterstützung, durchsacken würde. Hiervon kann man sich nicht selten beim Abbruch älterer Bohlwerke überzeugen und die Senkung ist manchmal so stark, daß der eiserne Bügel, womit der Ankerbalken an den Pfahl befestigt ist, krumm gebogen ist oder häufig auch die Nägel ganz herausgerissen sind. Was ferner die Unterstützung der Köpfe der Ankerbalken betrifft, so ist es, wenn man dieselben mit den zu verankerndeu Pfählen unmittelbar verbindet, nothwendig, noch eine anderweitige Unterstützung herzustellen, als die durch das Verbindungseisen hervorgebrachte. Man läßt zwar gewöhnlich den Balken auf der Bohlenwaud ruhen, doch erhält er dadurch keine sehr sichere Unterstützung und außerdem vermeidet man dieses auch gern, indem dann die Bohlenwand durchschnitten werden muß. Am zweckmäßigsten ist es daher in diesem Falle, daß man die Zange unterhalb des Ankerbalkens anbringt, so daß derselbe darauf ruhen kann. Diese Zange wird durch Bolzen an den Pfählen gehalten und außerdem ruht sie auch auf der Bohlenwand, so daß sie demnach eine hinreichende Unterstützung findet.

Es ist nun zunächst zu bestimmen, in welcher Höhe des Bohlwerkspfahls die Erdanker am zweckmäßigsten anzubringen sind. Da die Festigkeit eines Bohlwerks immer von der der Erdanker abhängig ist, man diesen aber keine absolut festen Stützpunkte geben kann und sie daher um so leichter nachgeben, je größeren Widerstand sie zu leisten haben, so ist es jedenfalls am vortheilhaftesten, wenn dieselben den Pfahl möglichst hoch fassen und so angebracht werden, daß der Pfahl sowohl über als unter dem Ankerbalken dem Erddruck gleichen Widerstand leistet.

Eytelwein giebt diese Höhe zur Hälfte des freistehenden Theiles des

Pfahles an*), vorausgesetzt, daß der Pfahl mit seinem unteren Ende im Boden steckt. Steckt dagegen der Pfahl nicht im Boden, wie bei einem aufgesetzten Bohlwerke, so muß der Anker auf dem dritten Theil der Höhe angebracht werden, weil der Mittelpunkt des Erddrucks gegen eine Wand, bei welcher die dem Erddruck ausgesetzte Fläche ein Rechteck bildet, auf dem dritten Theil ihrer Höhe, von unten an gerechnet, liegt. Soll ein Bohlwerkspfahl zweimal verankert werden, so wird der untere Anker auf $^1/_3$ und der obere auf $^2/_3$ der Höhe des freistehenden Theiles des Pfahls angeordnet.

Ein anderer Umstand, der für die Verankerung ebenfalls von großer Wichtigkeit ist, bezieht sich darauf, daß die Ankerpfähle, welche den festen Stützpunkt bilden sollen, nicht in der frischaufgeschütteten Hinterfüllungserde, sondern in einen gehörig festgelagerten Boden eingeschlagen werden müssen. Hiervon hängt demnach die Länge der Ankerbalken und von der Beschaffenheit des Bodens die der Ankerpfähle ab.

Statt der Bohlenbekleidung hinter den Bohlwerkspfählen wendet man auch zuweilen Mauerwerk an. Fig. 204 A, B und C zeigt eine solche Construction in der Ansicht im Grundriß und im Querschnitt.

Es werden hier zunächst die Grundpfähle des Bohlwerks eingerammt, darauf der Grundholm gestreckt und hierauf dann die Bohlwerkswand aufgesetzt. Die Verankerung geschieht in der Art, wie bereits oben beschrieben. Um nun die Hinter- und Zwischenmauerung herstellen zu können, wird dicht hinter der ersten Reihe Grundpfähle eine zweite Reihe eingerammt. Dieselben werden sämmtlich in einer horizontalen Ebene abgeschnitten und darüber Bohlen gelegt, welche dann zum Theil das Fundament der aufzuführenden Mauer bilden. Die Mauer wird im Grunde selten auf $2^1/_2$ Fuß Breite angelegt, inclusive der Zwischenmauerung zwischen den Pfählen. Es wird nun zunächst hinter dem Grundholme das Mauerwerk bis zur Oberkante desselben aufgeführt. Bei der Höhermauerung werden dann die Steine über den Grundholm übergesetzt, so daß sie letzteren so weit decken, daß nur noch circa 4 Zoll desselben frei bleiben. Die Fächer zwischen den Pfählen werden nun ausgemauert und zwar im Verbande mit dem hinter den Pfählen aufzuführenden Mauerwerk. Sämmtliches Mauerwerk wird bis unter den oberen Holm aufgeführt und derselbe an der hinteren Seite noch bis zur Hälfte bemauert. Die obere Stärke des Mauerwerks beträgt selten mehr als $1^1/_2$ Fuß. Die Pfähle stecken somit beinahe ganz in der Mauer, welche, wenngleich sie ausgefugt wird, und sonach also dichte Fugen hat, dennoch nicht verhindert, daß bedeutende Feuchtigkeit hinter die Pfähle dringt. Diese Feuchtigkeit, verbunden mit derjenigen der Mauer, wirkt aber sehr zerstörend auf das Holz und bringt sehr bald eine Fäulniß desselben hervor und zwar viel früher als bei einem mit einer Bohlenverkleidung versehenen Bohlwerk. Es erfordert daher ein solches Bohlwerk sehr häufige Reparaturen und Erneuerungen der Pfähle. Zur Ersparung der Kosten nimmt man dann nur die schlechten Pfähle heraus und bringt dafür neue hinein. Diese können sich aber nicht so an das Mauerwerk anschließen,

*) Eytelwein's practische Anweisung zur Wasserbaukunst, III. Heft.

als dies ursprünglich bei den ersten Pfählen der Fall war und die Folge davon ist, daß ein solches Bohlwerk immer gefährlicher wird. Auch hat es bei diesen Bohlwerken immer sehr große Schwierigkeiten neue Pfähle einzubringen, indem die Zange zur Verankerung der Zwischenpfähle nicht innerhalb, sondern stets außerhalb angebracht werden muß. Es muß dieselbe daher bei jeder Erneuerung von Pfählen losgenommen werden, wobei aber auch gleichzeitig ein Ausgraben der Hinterfüllungserde stattfinden muß, weil sonst der Druck derselben das Bohlwerk sehr leicht umwerfen, wenigstens herausschieben kann. Ueberhaupt sind diese Art Bohlwerke noch weit kostbarer zu unterhalten, als die weiter oben beschriebenen, ohne daß sie mehr Sicherheit darbieten und ferner bedürfen sie auch immer einer sehr genauen Beaufsichtigung, namentlich was die Anker und Pfähle betrifft, weshalb man diese Arten von Bohlwerken nicht mehr zur Ausführung bringen sollte.

Nachdem die Haupttheile der gewöhnlichen Bohlwerke in ihrer Zusammensetzung beschrieben sind, sollen noch einige Fälle hier näher angegeben werden, die von den früheren wesentlich verschieden sind. Wir wählen hier zuerst die Beschreibung eines Bohlwerkes, welches der geheime Oberbaurath Hagen im Pillauer Hafen ausführen ließ und in seinem Handbuche der Wasserbaukunst näher beschrieben hat.

Fig. 205 A und B zeigt das Bohlwerk, welches mit einer Spundwand verbunden ist, im Querschnitt und im Grundriß.

Es wurde zuerst die Spundwand eingeschlagen, welche aus 6 Zoll starken und 20 Fuß langen Pfählen bestand. Hierauf wurde dieselbe wenigstens 6 Zoll unter dem niedrigsten Wasserstande horizontal abgeschnitten und darauf ein Fachbaum gelegt. Der Fachbaum hatte eine Höhe und Breite von 15 Zoll und damit er sich genau an die Spundwand anschließen konnte, wurde an der äußeren Seite eine Backe dargestellt, mit welcher er sich gegen die Spundwand legte. Die Backe wurde auf 6 Zoll Tiefe ausgearbeitet und darauf wurde der Fachbaum auf die Wand gelegt und aufgenagelt, um ihn vorläufig zu halten. Hierauf führte man die Hinterfüllung aus und zwar bis zur Höhe der Spundwand.

Nachdem die Arbeit bis so weit vollendet war, wurden die Bohlwerkspfähle eingerammt. Dieselben bestanden aus kiefernen unbeschlagenen Stämmen von 35 Fuß Länge, die mit dem Wipfelende nach unten gekehrt waren. Sie wurden in einem Abstande von 4 zu 4 Fuß eingerammt und man trug gleich dafür Sorge, daß die stärksten und besten Pfähle an die Erdanker trafen. Während des Rammens sorgte man dafür, daß sie möglichst in der gehörigen Flucht blieben und wenn ein etwas gekrümmter Pfahl aus derselben stark auszuweichen drohte, wurde er herausgenommen und durch einen geraden ersetzt. Beim Aufbringen des Holms wurden alle Pfähle in derjenigen Stellung verzapft, die sie gerade erhalten hatten. Nachdem die Pfähle in der Oberfläche des 6 Zoll hohen Zapfens abgeschnitten waren, wurde die Richtung des Holms darauf abgeschnürt. Hierbei kam es nie vor, daß die Pfähle nach der inneren Seite so weit überstanden, daß die Verzapfung Schwierigkeiten gemacht hätte, indem dieses schon durch den Fachbaum der Spundwand verhindert wurde.

Dagegen traten sie zuweilen nach außen sehr stark vor und es wurden alsdann an den Pfählen Blattzapfen angeschnitten, welche am Holme vorbeigriffen und mittelst eiserner Bolzen gehörig daran befestigt wurden. Die Pfähle, welche zu weit nach außen vortraten, wurden eben wie die anderen Pfähle an der inneren Seite behauen und alsdann eine eichene Bohle als Futter darüber genagelt, welche so bearbeitet war, daß sie die Ungleichheit genau aufhob. Hierdurch wurde es möglich, die Bohlenwand in einer Ebene gegen die innere Seite der Pfähle zu lehnen und daran zu befestigen. Es fand hier also kein nachmaliges Richten der einzelnen Pfähle Statt, was auch immer den Vorzug verdient, weil ein in die Richtung gezwängter Pfahl vermöge seiner Federkraft immer die Tendenz hat, auszuspringen.

Die Erdanker wurden in einem Abstande von 12 Fuß von einander angebracht und unmittelbar auf den Fachbaum der Spundwand gelegt, während sie mit den hinteren Enden auf der schon gehörig festgelagerten Erde ruhten, die bei dem Bau nicht frisch aufgeschüttet war. Die Ankerriegel wurden in der letzteren so weit hinabgesenkt, als man wegen des Wasserstandes kommen konnte. Dieselben erhielten eine Länge von 6 Fuß und waren scharfkantig behauen. Der Ankerbalken war dagegen 5 Zoll tief eingeschnitten, damit er den Riegel gehörig fassen konnte. Um eine recht innige Verbindung zwischen diesen beiden Hölzern hervorzubringen, wurde ein starker Spitzbolzen, der unten mit Widerhaken versehen war, durch den Ankerbalken in den Riegel eingetrieben. Nachdem der Anker vollständig verlegt und mit dem Pfahle durch einen eisernen Bügel verbunden war, wurden die Ankerpfähle eingerammt. Diese Pfähle hatten eine Länge von 12 Fuß und bestanden ebenfalls aus Kiefernholz. Wo die Ankerpfähle sich nicht stark gegen den Riegel lehnten und die erforderliche Spannung in der ganzen Verankerung nicht hervorbrachten, wurden noch breite Keile von Eichenholz zwischen die Ankerpfähle und die Riegel eingetrieben, zu welchem Behufe aber vorher die Ankerpfähle an der dem Riegel zugekehrten Seite etwas abgeflächt waren.

Zu den unteren Gängen der Bohlenwand wurde 6 Zoll starkes Halbholz gewählt, weil diese am ersten schadhaft werden und ihre Wiederherstellung wegen des tiefen Aufgrabens der Erde sehr schwierig ist; oben dagegen wurden nur 4zöllige und sogar 3zöllige kieferne Bohlen benutzt. Die Fugen wurden mit gespaltenen schlechten Dielen benagelt und außerdem neben den Ankern und über dem Fachbaume durch angepaßte Leisten gehörig gedichtet. Der Kopf der Ankerbalken wurde, so weit dies wegen des Bügels möglich war, schwalbenschwanzförmig zugeschnitten, damit die untere stark ausgeschnittene Bohle hier noch eine sichere Haltung behielt.

Haben die hölzernen Ufereinfassungen nicht den Zweck, die Hinterfüllungserde zurückzuhalten, sondern sollen sie nur zum bequemeren Anlegen der Schiffe dienen, so bilden sie keine eigentlichen Bohlwerke mehr, sondern man nennt sie alsdann Ladebrücken.

In Fig. 206 ist eine solche Ladebrücke dargestellt, welche Grangemouth nahe der Mündung des Clyde-Canals an den Ufern des Meerbusens Frith of Forth erbaut hat. Das Ufer ist hier abgeböscht und zwar mit $1\frac{1}{4}$facher Anlage.

In Entfernungen von 19 Fuß von einander sind je zwei Schwellen darüber gestreckt und zwischen denselben verstrebte Holzverbindungen gestellt. Diese Holzverbindungen sind noch durch je drei Kreuzverbindungen verstrebt. Die Brückenbalken, auf welchen der Belag mit dem Steinpflaster ruht, werden mittelst leichter Sprengwerke getragen. An der vorderen Fläche ist noch eine gitterförmige Verkleidung angebracht, welche außen durch verticalstehende starke Bohlen gebildet wird. Fig. 206 a zeigt die Construction von der Stromseite und zwar die rechte Seite derselben ohne Verkleidung; Fig. 206 b zeigt den Querschnitt unmittelbar vor einem Joche; Fig. 206 c den Querschnitt in der Mitte zwischen zwei Jochen und Fig. 206 d diese Construction im Grundrisse. Das Uebrige ist aus den Figuren zu ersehen und es bedarf daher keiner weiteren Erklärung.

§. 71. Von den Futtermauern.

Die zum Bau der Futtermauern zu verwendenden Steine müssen von der Beschaffenheit sein, daß sie weder vom Wasser noch vom Froste leiden, weil sonst an eine Haltbarkeit der Mauer nicht zu denken ist. Die Steine, deren man sich zu den Futtermauern bedient, sind Geschiebe, Bruchsteine, entweder unbehauen oder behauen, und Ziegel. Da die Futtermauern bei höherem Wasser immer der Einwirkung desselben und überhaupt der Einwirkung der Witterung ausgesetzt sind, so versteht sich von selbst, daß dieselben nur aus festem, haltbarem und frostbeständigem Material vollkommen wasserdicht und mit aller Solidität aufgeführt werden müssen. Eben so ist auch darauf noch ganz besonders zu sehen, daß die Mauer auf einem hinlänglich festen Grunde aufgeführt werde, damit sie sich nicht senken könne; ferner daß sie eine genügende Stärke habe, um gegen einen Seitendruck hinlänglich Widerstand leisten zu können, und endlich daß ihr innerer Zusammenhang stark genug sei, um der Trennung ihrer Theile zu widerstehen.

Der Ort, wo eine Futtermauer zu bauen ist, so wie auch die Höhe, welche sie erhalten soll, sind meistentheils gegeben und die Dicke und das Profil der Mauer selbst richtet sich nach der Höhe und der Beschaffenheit des Erdreichs. Die Futtermauern werden, je nach der Beschaffenheit des Baugrundes, entweder auf dem gewachsenen Boden, oder auf liegenden oder Pfahlrosten, oder auch in Senkkasten oder auf einem Bétonbette aufgeführt. An der Wasserseite wird, wenn der Grund nicht aus Felsen besteht, das Grundwerk mit einer Spundwand umschlossen, um dasselbe gegen Unterspühlungen zu schützen. Ueber die Gründungen ist bereits oben das Nöthige angeführt.

Was die Stabilität einer Futtermauer betrifft, so ist dieselbe bei sonst tüchtiger und solider Ausführung von dem Profile der Mauer abhängig. Durch den Seitendruck der hinterfüllten Erde wird eine Wirkung hervorgebracht, welche entweder die Mauer fortzuschieben oder dieselbe um die äußere Kante ihrer Basis zu drehen strebt. Das Erstere, nämlich das Fortschieben der Mauer über dem Fundamente oder dem Roste oder vielleicht über dem gewachsenen Boden, kommt wohl nie vor und nur in dem Falle könnte man

das Eintreten einer solchen Bewegung besorgen, wenn der Mörtel in den Lagerfugen noch nicht erhärtet ist und die Mauer auf einem nach vorn geneigten Gestein steht, wo dann die Quellen, welche zwischen dem gewachsenen Boden und dem Mauerwerke sich gemeiniglich hindurchziehen und die sonst stattfindende Reibung zwischen Stein und Stein, oder Stein und fester Erde, vermindern.

Das Zweite jedoch, nämlich daß die Mauer sich um die äußere Kante ihrer Basis drehe, ist in der Wirklichkeit ausschließlich der Fall, wenn die Futtermauern nicht so stark aufgeführt sind, daß sie Stabilität genug haben, dem Seitendruck der Erde widerstehen zu können. Man darf hierbei aber die Drehungsachse nicht unmittelbar in der äußeren Kante der Mauer annehmen, sondern es liegt dieselbe immer etwas rückwärts; denn zeigt die Mauer eine Tendenz zum Umkippen, so ruht, sobald die Bewegung eintritt, die ganze Last der Mauer auf der äußeren Kante. Ist der Grund nun weich und ist die Mauer unmittelbar oder mittelst eines liegenden Rostes auf demselben fundirt, so drückt dieselbe keineswegs gleichmäßig auf den Grund, sondern der Druck trifft am stärksten die äußere Kante, wodurch dann die Erde comprimirt wird oder ausweicht und somit die Drehachse um so mehr von der äußeren Kante sich entfernt, je mehr der Grund zusammengedrückt wird. Um daher diesen Umstand zu vermeiden, muß man das Fundament der Mauer verbreitern und dieselbe äußerlich mit einem Banquet versehen. Außerdem hat man aber auch, wie bereits angeführt, eine besondere Sorgfalt auf die Befestigung des Grundes zu verwenden, um ein Senken unter dem äußeren Rande der Mauer dadurch möglichst zu verhindern.

Die Stabilität einer Futtermauer kann dadurch wesentlich vermehrt werden, daß man ihre äußere Fläche nicht senkrecht aufführt, sondern daß man sie mit einer äußeren Böschung versieht, wie Fig. 207 zeigt; man macht dann die Basis der dossirten Fläche höchstens gleich dem achten Theil der Höhe. Eine größere Böschung anzunehmen, ist nicht rathsam, weil bei einer zu flachen Abdachung die Steine und namentlich der Mörtel leicht verwittern. Diese Böschung setzt aber schon voraus, daß die Mauer aus Werkstücken hergestellt werde; soll dagegen die Mauer nur aus Ziegeln aufgeführt werden, so muß man die Basis der dossirten Fläche bedeutend kleiner annehmen, weil bei der großen Menge der Fugen eine solche Mauer zu sehr der Verwitterung ausgesetzt sein würde. Das äußerste Maß, welches man daher hierbei annehmen kann, ist, daß man die Basis der dossirten Fläche gleich $\frac{1}{18}$ der Höhe der Mauer macht; gewöhnlich nimmt man aber nur $\frac{1}{24}$ der Höhe. Bei einer solchen Böschung ist es noch möglich mit den Ziegelsteinen, ohne die Vorderseiten derselben zu behauen, eine regelrechte Mauer aufführen zu können, ohne daß ein bedeutend in die Augen fallendes treppenförmiges Zurücksetzen der einzelnen Schichten erforderlich wäre.

In England geschieht es vielfach, daß die Mauern in ihrem unteren Theile nur wenig stärker als oben sind, dagegen aber im Ganzen sich bedeutend zurücklehnen. Die Mauer ist dann eine schräge Futtermauer, die ihre Unterstützung durch die Hinterfüllungserde erhält. Daß eine solche Mauer dem Erddruck, bei übrigens gleicher Mauermasse, einen bedeutend größeren Widerstand entgegen-

setzt, als eine senkrecht stehende Mauer, ist selbstredend; allein da sie durch die Hinterfüllungserde nicht ganz sicher unterstützt wird, so kann hierbei leicht die Gefahr eines Bruchs der Mauer entstehen. Um aber diese Gefahr zu vermeiden, werden an der hinteren Fläche der Mauer in geringen Abständen Strebepfeiler angebracht, welche lothrecht heraufgehen und sonach unten eine viel größere Länge, wie oben erhalten. Die Stärke, welche man gewöhnlich den Futtermauern giebt, die nach oben hin gewöhnlich in einigen Banquets nur gering eingezogen werden, beträgt durchschnittlich nur den fünften bis sechsten Theil der Höhe. Die Strebepfeiler werden in Abständen von 12 bis 18 Fuß von Mitte zu Mitte hinter der Mauer angebracht und erhalten eine solche Länge, daß die obere Länge oben mit der Stärke der Mauer ungefähr übereinstimmt. Die Lagerfugen sind jederzeit normal gegen die äußere Fläche gerichtet.

Hierbei wird die Mauermasse im Ganzen zwar geringer, als bei lothrechten Mauern ohne Strebepfeiler, die Arbeit muß aber dann immer sehr sorgfältig ausgeführt, so wie auch festes und gutbindendes Material verwendet werden, weil es sich leicht ereignen kann, daß die Zwischenfelder durch die dahinter gefüllte Erde, wenngleich dieselbe festgestampft wird, nicht hinlänglich unterstützt werden und sich nach innen biegen, wodurch dann gewöhnlich an irgend einer Stelle der Mauer ein Bruch entsteht.

Man hat auch in einigen Fällen die Anordnung der Lagerfugen nicht in ihrer ganzen Breite schräg durch die Mauer hindurchgeführt, sondern, wie dies bereits früher angedeutet wurde, nur zunächst der äußeren Mauerfläche in dieser Richtung angeordnet, dagegen in einiger Entfernung davon dieselben in eine Horizontale übergehen lassen und so den übrigen Theil der Mauer, also die Hauptmasse derselben mit horizontalen Fugen aufgeführt. Dies hat übrigens den großen Nachtheil, daß der vordere Theil mit dem übrigen Haupttheile der Mauer nicht in einem gehörigen Verbande aufgeführt werden kann und daher bei eindringender Feuchtigkeit und hierauf eintretendem Froste diese äußere Verblendung sehr leicht abgesprengt oder doch bedeutend beschädigt werden kann. Man hat deshalb in neuerer Zeit die Fugen sämmtlich horizontal durchgeführt, was, wie schon früher angeführt wurde, bei Werkstücken sich sehr leicht anwenden läßt, dagegen bei einer Ziegelmauer nur dann, wenn die äußere Dossirung der Mauer nicht zu bedeutend und nicht mehr als höchstens $^1/_{18}$ der ganzen Höhe zur Basis hat.

Man hat dennoch, namentlich in Holland, den aus Ziegelsteinen hergestellten Futtermauern nicht selten eine bedeutend stärkere Dossirung gegeben, als oben angeführt; die Mauer ist aber dann mit einer Verkleidung versehen, die mit schrägen Fugen gemauert ist; der eigentliche Mauerkörper ist hierbei lothrecht, und äußerlich mit Abtragpumpen aufgeführt, wie in Fig. 208 angedeutet ist. Hierbei muß aber das Mauerwerk ganz besonders sorgfältig ausgeführt werden, wenn nicht häufige Reparaturen dabei vorkommen sollen.

Was die Strebepfeiler betrifft, so hat man denselben verschiedene Formen gegeben. Gewöhnlich erhalten dieselben durchgängig eine gleiche Breite, weil sie sich dann am leichtesten ausführen und am besten mit dem übrigen Mauer-

körper verbinden lassen. Zuweilen hat man dieselben aber auch an der Seite, wo sie aus der Mauer treten, schmäler gemacht, als an der hintern Seite, so daß sie einen schwalbenschwanzförmigen Querschnitt erhalten; hierdurch wirkt ihre Masse zwar um so stärker auf die Stabilität der Mauer, es kann sich hierbei aber auch leichter ereignen, daß, da die Verbindungsfläche zwischen Mauer und Pfeiler schmäler ist, eine förmliche Trennung der Mauer von den Pfählen erfolgt, wo jedoch dann ihre Wirksamkeit leicht ganz verloren gehen kann. Endlich macht man auch die Pfeiler an der Seite, wo sie aus der Mauer treten, breiter als an der hinteren Seite, wobei dann der eben erwähnte Uebelstand noch mehr verhindert wird. Diese verschiedenen Fälle sind in den Figuren 209 A, B, C dargestellt. Hierbei ist aber im Allgemeinen noch zu bemerken, daß es immer anzurathen ist, die Pfeiler nicht zu schwach zu machen, indem sie, wenn sie mit der Mauer innig verbunden sind und der zwischen den Pfeilern liegende Theil der Mauer sich gleichfalls nicht trennen kann, immer eine vorzügliche Stütze der Mauer bilden. Die Strebepfeiler erhalten gewöhnlich den fünften Theil der Höhe der Mauer zur Dicke.

Um eine Ersparung an Materialien zu erzielen, hat man die Futtermauern auch mit doppelten Banquets an der inneren Seite versehen, außerdem aber noch in gewissen Entfernungen Strebepfeiler angeordnet, deren Länge der Breite beider Banquets und deren Dicke dem fünften Theil der Höhe gleich ist. Diese Construction zeigt Fig. 210. Erhält die Mauer sonst eine genügende Stärke, so läßt man auch die Strebepfeiler weg und ordnet nur die beiden Banquets an der inneren Seite an, wo dann diese gewöhnlich $\frac{1}{4}$ der ganzen Höhe zur Höhe erhalten. Hierdurch erlangt man noch den großen Vortheil, daß die Hinterfüllungserde die Mauer stark belastet und somit wesentlich zur Vergrößerung der Stabilität beiträgt.

Die obere Breite der Mauer wird immer bedeutend schwächer als unten, indem es eine nutzlose Verschwendung an Material und Arbeitslohn sein würde, wollte man der Mauer eine durchgängig gleiche Stärke geben. Man nimmt daher die obere Stärke gewöhnlich zu $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuß an. Diese Stärke ist aber erforderlich, damit die Mauer in ihrem oberen Theile die nöthige Festigkeit erhalte und gleichzeitig verhindere, daß der Frost nicht zu leicht hindurchdringen kann; denn zieht sich hinter der Mauer Feuchtigkeit zusammen und gefriert diese, so kann die Mauer, wenn sie keine hinreichende Festigkeit hat, durch die dabei entstehende Ausdehnung sehr leicht herausgedrängt werden.

Um den Druck der Erde noch mehr zu vermindern und die Stabilität der Mauer zu vergrößern, wählte Gauthey bei Erbauung einer Kaimauer, die in Fig. 211 A und B in der Ansicht von hinten und im Querschnitt dargestellte Construction. Es sind hier nämlich Strebepfeiler angeordnet und zwischen je zwei Pfeilern drei Bogen über einander eingespannt, die durch die Hinterfüllungserde belastet werden. Daß hierbei die äußere Mauer oder die eigentliche Futtermauer bedeutend schwächer werden kann, ohne an Stabilität zu verlieren, als in den oben erwähnten Fällen, ist einleuchtend, indem die Erde, welche sich zwischen den Strebepfeilern und den dazwischen eingespannten Bogen befindet, durch die Reibung gegen die Seitenflächen derselben gehalten wird.

Sehr selten kommt es vor, daß die Strebepfeiler, anstatt auf der innern Seite, wie bisher angenommen, auf der äußeren Seite angebracht werden, wenngleich durch das Letztere die Stabilität der Mauer bedeutend vergrößert würde, weil dann bei einer eintretenden Drehung um die äußere Kante die ganze volle Mauer sich heben müßte. Allein dennoch vermeidet man eine solche Anordnung gewöhnlich und zwar weil die äußere Fläche dann keine gerade Flucht mehr bilden würde.

Die Futtermauern müssen, wie schon angedeutet, eine solche Stärke erhalten, daß sie dem Seitendruck der Erde vollständig widerstehen können. Dieselben aber durch Erdanker zu sichern, ist jedenfalls sehr fehlerhaft und zwar um so mehr, weil diese viel weniger dauerhaft sind, als die Mauern selbst.

Nachdem die Anordnung der Futtermauern im Allgemeinen besprochen ist, wollen wir hier noch die specielle Ausführung derselben näher erörtern.

Oben wurde angeführt, daß die Futtermauern sowohl aus Bruchsteinen, wie auch aus Ziegeln ausgeführt werden. Selten aber werden die Futtermauern durchgängig von Werkstücken oder Quadern aufgeführt, sondern man bedient sich derselben gewöhnlich nur, um die Vorderfläche der Mauer damit einzufassen, wo dann die Hinterseite entweder mit Bruchsteinen, Ziegeln oder auch mit Feldsteinen ausgemauert wird.

Die Werksteinbekleidung muß mit dem übrigen Mauerwerk gehörig verbunden sein, wenn man nicht Gefahr laufen will, daß diese durch irgend welche äußere Einwirkungen von dem übrigen Mauerkörper sich trenne. Um dies aber zu vermeiden, werden die Steine so angeordnet, daß einzelne derselben tiefer in das Mauerwerk eingreifen, als die übrigen Steine. Ein solcher Stein nun, der tiefer in das Mauerwerk eingreift, heißt ein Binder oder Strecker, dagegen heißen die übrigen Steine, deren größte Länge nach der Länge der Mauer gerichtet ist, Läufer oder Füllquader. Gewöhnlich läßt man die Binder und Läufer in allen Schichten abwechseln, wobei dann der Binder in der folgenden Schicht jedesmal auf die Mitte des darunter liegenden Läufers gesetzt wird. Diese Anordnung zeigt Fig. 212. Werden weniger Binder angeordnet, so daß immer mehrere Läufer in einer Schicht zusammenstoßen, so verliert das Mauerwerk an innerem Verband. Die Zusammenfügung der Werkstücke unter einander wird zwar zum Theil schon durch den Mörtel bewirkt, doch bedient man sich zuweilen auch der eisernen Klammern, welche immer zwei neben einander liegende Steine mit einander verbinden. Diese Anordnung ist aber immer sehr kostbar und auch zeitraubend, weil das Einhauen der Klammern erst dann geschehen kann, wenn die Steine verlegt sind; man wählt deshalb gewöhnlich eine solche Anordnung, wobei der Binder auf jeder Seite, wo er mit dem Läufer zusammentrifft, mit einem Einschnitt von circa 2 Zoll Tiefe versehen wird, so daß der Binder an seinem Vordertheil die Form eines Schwalbenschwanzes erhält. Die Seitenkanten der Läufer werden dann so zugerichtet, daß sie genau in den Einschnitt des Binders passen. Fig. 212 zeigt diese Anordnung.

An den Ecken der Mauern und bei einzelnen Vorsprüngen lassen sich diese Fugeneinschnitte jedoch nicht anwenden und man ist da schon genöthigt, um eine gehörige Verbindung der neben einander liegenden Steine hervorzubringen, die-

selben durch starke eiserne Klammern, die mit Blei vergossen werden, zu verbinden. Uebrigens hat man auch noch darauf Rücksicht zu nehmen, daß an den Ecken nur die größten Steine verwendet und diese in den Schichten abwechselnd nach dem Verbande gelegt werden, so daß der Stein, welcher an der einen Seite einen Läufer bildet, an der andern Seite einen Binder vorstellt, wie Fig. 213 zeigt.

Nachdem nun eine Schicht der Werksteinbekleidung versetzt ist, wird das hintere Füllmauerwerk hergestellt. Dasselbe muß in vollem Mörtel bis dicht an diese äußere Bekleidung aufgemauert und alle Zwischenräume vermieden werden. Außerdem müssen hierbei auch gleichzeitig die Fugen zwischen den Werkstücken vollständig mit Mörtel ausgefüllt werden. Da aber das Mauerwerk aus einer Werksteinbekleidung und aus einer Hintermauerung besteht, so muß man nothwendig Rücksicht darauf nehmen, daß die Senkung der Hintermauerung nicht der Festigkeit der ganzen Mauer schade, weshalb dieses Mauerwerk in vollen Fugen, mit einem schnell bindenden und erhärtenden Mörtel aufgeführt werden muß, so daß eine solche Senkung, die durch Compression der Fugen entsteht, nicht zu befürchten ist. Denn stellt sich eine solche Senkung ein, so müssen die tiefer eingreifenden Binder der Werksteinbekleidung einen großen Theil der Hintermauerung tragen, was aber, da bei einer solchen Senkung diese Binder ebenfalls ihr hinteres Auflager verlieren, ein Kanten oder gar ein Abbrechen derselben zur Folge haben kann. Findet auch das Letztere nicht Statt, so ist doch schon das Erstere im höchsten Grade nachtheilig für die Festigkeit der Mauer.

Diejenigen Steine, welche in die oberste Schicht einer Futtermauer kommen, heißen Deckplatten. Da diese die Futtermauern bedecken und im hohen Grade der Witterung und sonstigen äußeren Einwirkungen ausgesetzt sind, so ist es durchaus nothwendig, daß man dazu die härtesten und dauerhaftesten Steine auswählt. Sie werden 8, 12, auch wohl 15 bis 18 Zoll dick angenommen und müssen eine Breite von wenigstens 2 Fuß erhalten. Eben so werden sie nach der äußeren Seite hin mit einer geringen Abflachung zur Abführung des Regenwassers versehen. Zur besseren Haltung derselben bringt man auch hier auf jedem Läufer einen Binder an, in derselben Art, wie oben bei der Werksteinbekleidung angedeutet ist. Oder man versieht die Steine auch mit einer Spundung und läßt in jeder Fuge den einen Stein mit einem Zapfen in den Spund des anderen Steines eingreifen. Werden die Deckplatten breiter, so kann man die Binder ganz und gar entbehren und hat dann nur dafür zu sorgen, daß die Fugen an den Steinen genau zusammengearbeitet werden. Werden die Futtermauern noch mit darauf zu setzenden Brüstungsmauern versehen, welche gewöhnlich eine Höhe von circa 3 Fuß erhalten, so ist die oben angegebene Stärke der Deckplatten nicht erforderlich, sondern es genügt dann eine Dicke von 6 Zoll vollkommen.

Gegen die Deckplatten der Futtermauern stößt gewöhnlich unmittelbar das Straßenpflaster; dasselbe muß eine solche Lage erhalten, daß es von der Mauer her eine Abwässerung hat. Dies ist schon deshalb anzurathen, damit das daselbst sich sammelnde Wasser schnell abgeführt werde und nicht hinter die Futter-

mauern eindringen könne, was, wie schon weiter oben angeführt, sehr nachtheilig einwirken kann.

Bei der Aufführung der Futtermauern hat man sorgfältig darauf zu achten, daß diese immer gleichförmig geschehe, damit nicht einzelne Theile unverhältnißmäßig gegen andere belastet werden und somit eine ungleiche Senkung entstehen könne.

Werden die Futtermauern ganz von Ziegelsteinen aufgeführt, so ist es erforderlich, daß das Mauerwerk immer in vollem Mörtel und in einem tüchtigen Verbande (dem sogenannten Kreuzverbande) aufgeführt werde. Die Fugen dürfen hierbei nicht stark werden, sondern man muß mit engen Fugen mauern, was auch gilt, wenn die Werksteinverkleidung einer Futtermauer mit Ziegelsteinen hintermauert wird. Die so hergestellte Mauer erhält keinen äußeren Abputz, sondern es werden die Fugen ausgekratzt und mit Cement verstrichen. An der hinteren Seite ist es jedoch sehr nützlich, dieselbe mit einem hydraulischen Mörtel abzuputzen, welcher Abputz jedoch nicht eher hergestellt werden muß, als bis die Erde hinterfüllt werden soll. In eine solche Mauer in gewissen Entfernungen Pfeiler von Werkstücken einzubinden, um dadurch die Festigkeit der Mauer noch zu vergrößern, ist unzweckmäßig, indem dadurch der beabsichtigte Zweck nicht erreicht wird, wohl aber eher das Gegentheil. Eine solche Mauer wird ebenfalls mit Deckplatten belegt.

Was die Hinterfüllung mit Erde betrifft, so sollte diese nicht eher ausgeführt werden, als bis die Mauer ganz ausgetrocknet ist; da man aber selten das gänzliche Erhärten des Mörtels abwarten kann, so muß das Hinterfüllen mit desto mehr Sorgfalt ausgeführt werden. Sobald daher mit dem Hinterfüllen der Anfang gemacht wird, wird zuvor die Erde hinter dem Roste möglichst wagerecht geebnet und mit einer Handramme festgestampft. Hierauf wird eine etwa 1 Fuß hohe Schicht Erde aufgebracht und zwar unmittelbar hinter der Mauer, bis etwa auf 2 Fuß Breite, trockner Lehm. Diese Schicht wird erst mit der Handramme festgestampft, darauf eine folgende Schicht in derselben Weise aufgebracht und so fortgefahren bis ungefähr etwas über die Hälfte der Höhe der Mauer, wo man dann den oberen Theil der Mauer erst noch mehr austrocknen läßt. Der übrige Theil wird dann auf die angeführte Weise vollendet, sobald die noch freistehende Mauer noch mehr ausgetrocknet ist.

Zur Befestigung der Schiffe an den Futtermauern müssen auf verschiedenen Höhen derselben über dem Wasserspiegel starke eiserne Ringe angebracht werden. Ist nun die Mauer mit einer Werksteinbekleidung versehen, so erhält die Oese des Ringes zwei starke Lappen, die an ihrem hinteren Ende aus einander gehen und daselbst mindestens 3 Zoll umgekrämpt sind. Diese Lappen werden in die obere Seite eines Binders, wozu ein starker Stein genommen werden muß, in ihrer ganzen Stärke eingelassen und darin mit Blei vergossen. Die Lappen erhalten eine Länge von mindestens $2^1/_2$ Fuß; diese Anordnung giebt Fig. 214. Sollen dergleichen Ringe aber in Mauern angebracht werden, welche durchgängig von Ziegeln aufgeführt sind, so müssen an denjenigen Stellen, wo Ringe vorkommen, Werkstücke vermauert werden, welche in der Mauer breiter als außerhalb sind. Die Oese, Fig. 215, worin der Ring sitzt, erhält dann

ebenfalls zwei nach hinten aus einander gehende Lappen, die mit starken Kloben versehen sind. Diese Lappen werden in die Oberfläche des Werkstücks eingelassen und die Kloben in demselben mit Blei vergossen. Die Lappen sind so lang, daß sie noch über das Werkstück hinausgehen und auf mehrere Fuß in das Ziegelmauerwerk eingreifen, woselbst sie mit einem starken Splint festgehalten werden. Hier erhalten die Lappen mindestens eine Länge von 3 Fuß. Auf den Deckplatten Ringe zum Anbinden der Schiffe anzubringen, ist nicht gut, weil bei stürmischem Wetter durch die Bewegung der daran befestigten Schiffe jene sehr leicht beschädigt werden können. Sehr zweckmäßig dagegen ist die Anordnung steinerner Anbindesäulen innerhalb der Futtermauern, wie solche in der Rhede von Triest*) hergestellt sind. Fig. 216 A und B zeigt diese Anordnung in der Ansicht und im Grundriß.

Ferner werden bei Futtermauern zur Erleichterung des Verkehrs häufig Treppen angebracht. Diese Treppen werden dann entweder senkrecht auf die Richtung der Futtermauern angelegt, wie Fig. 217 zeigt; oder man bringt sie so an, daß sie mit der Mauer einerlei Richtung erhalten, wie Fig. 218 angiebt. Selten aber bringt man dieselbe innerhalb der Futtermauer und parallel mit dieser an, weil eine solche Anlage immer zu viel Raum erfordert.

Die Anordnung in Fig. 218 verdient aber jedenfalls den Vorzug, weil einmal dieselbe weniger kostspielig ist und auch ferner den Verkehr bei höherem Wasserstande weniger hemmt.

Zuweilen kann es vorkommen, daß die Straße, welche neben einer Futtermauer sich befindet, sehr schmal ist und daher die Mauer zur Gewinnung eines Fußweges in ihrem Obertheil übergekragt werden muß. Ist die Ufereinfassung von Holz, so ist ein solcher Ausbau nicht besonders schwierig herzustellen; bei Futtermauern dagegen erfordert dies schon eine größere Vorsicht, zumal wenn eine solche Ueberkragung wegen Eisganges nicht sehr tief hinunter geführt werden darf. Ein Paar sehr interessante Fälle in dieser Beziehung liefern der Quai Pelletier und der Quai de l'Horloge in Paris, welche beide solche Ueberkragungen erhalten haben.

Fig. 219 zeigt die Construction der Ueberkragung der Kaimauer am Quai Pelletier. Die Ueberkragung hat mehr Höhe als Vorsprung und es bildet dieselbe einen Viertelkreis, dessen Halbmesser gleich 4 Fuß 4 Zoll ist. Die Ueberkragung besteht in ihrer gesammten Länge aus 34 Abtheilungen, von welchen jede 12 Fuß 3 Zoll breit ist. Jede Abtheilung besteht wieder aus zwei Reihen Keilsteinen, die alle nach einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte geschnitten sind, der in der Spitze eines gleichseitigen Dreiecks liegt, dessen Seiten 12 Fuß 3 Zoll gleich sind. Die obere Reihe der Keilsteine besteht in jeder Abtheilung aus 8 Steinen, dagegen in der unteren Reihe nur aus 7 Steinen. Unter dieser letzteren Reihe liegt noch eine Lage Steine mit Horizontal- und Verticalschnitten. An den Seiten jeder Abtheilung liegen starke Lagerstücke als umgekehrte Keilsteine über einander. Das untere Lagerstück besteht aus zwei gleich großen Steinen von der Dicke der Keilsteine. Um diesen Widerlagerstücken eine un-

*) Förster's Bauzeitung, Jahrgang 1842.

verrückbare Lage zu verschaffen, erhielten sie eine Länge von 7 Fuß bei einer Höhe von 17 Zoll; ferner wurden die beiden Widerlagerstücken durch eiserne Klammern gehörig verbunden und endlich wurden noch eiserne Ziehbänder von 9 Fuß Länge angebracht, welche diese Widerlagerstücken umfaßten und so am Umkippen verhinderten. Nachdem so die Widerlager sämmtlich befestigt waren, wurden die Keilstücke aufgesetzt, von denen der vordere Theil durch die Widerlager, der hintere Theil dagegen von den Steinlagen der Mauer getragen wurde. Hierauf wurde die Deckplatte aufgelegt und darauf die Brüstung aufgesetzt und nachdem dieses vollendet, die Sandfüllung aufgebracht und das Steinpflaster hergestellt.

Fig. 220 zeigt die Construction der Ueberkragung des Quai de l'Horloge. Diese Ueberkragung ist höher, hat aber weniger Vorsprung als die vorige. Sie besteht gleichfalls aus Abtheilungen von 12 Fuß 3 Zoll. Anstatt der zwei Reihen Keilsteine ist hier nur eine Reihe angeordnet, indem die zweite Lage hier eine Verlängerung der ersteren ist. Statt der Ziehbänder sind hier in der Ueberkragung die Steinlagen mit eisernen Klammern an einander befestigt.

Ist eine solche Anordnung erforderlich, so hat man schon gleich bei Anlage der Mauer hierauf Rücksicht zu nehmen, indem dann die Mauer in ihrer ganzen Höhe eine bedeutendere Stärke erhalten muß. Im Allgemeinen muß man indessen solche künstliche Constructionen möglichst vermeiden, indem sie stets sehr kostbar sind und der dadurch erreichte Vortheil nicht immer so groß ist, daß so bedeutende Mehrkosten dadurch aufgewogen werden.

Ein sehr interessantes Beispiel einer Futtermauer zeigt Fig. 221 A, B und C im Längendurchschnitt, im Querdurchschnitt und im Grundriß; dieselbe wurde in Sherneß ausgeführt. Der Boden war hier so locker, daß man selbst auf den Pfahlrost keine volle Mauer zu stellen wagte. Man gab daher der Mauer im Innern sehr bedeutende hohle Räume, die sowohl unten, als auch vorn und hinten durch Gewölbe eingeschlossen wurden. Die Mauern wurden mit hydraulischem Mörtel wasserdicht aufgeführt und die Ausführung geschah mittelst der Taucherglocke. Die im Innern vorhandenen hohlen Räume wurden nachdem mit einem besonders leichten kreideartigen Kalkstein ausgefüllt.

§. 72. Vom Seitendruck der Erde.

Wird irgend eine lose, lockere Erdart, deren Theile zwar durch Reibung, aber weniger durch Cohäsion mit einander verbunden sind, hinter einem festen Körper zurückgehalten, so böscht sie sich bei Entfernung desselben nach einem gewissen Winkel dadurch ab, daß alles Erdreich, welches sich zwischen dieser neu entstandenen Böschung und dem festen Körper befindet, von dem übrigen Erdreich sich lostrennt und abstürzt. Diese sich dann plötzlich bildende Böschung ist aber noch nicht diejenige, welche das Erdreich für immer behält, sondern die Erde wird so lange nachsickern, bis sie die sogenannte natürliche Böschung erreicht hat und somit der Zustand des Gleichgewichts eingetreten ist.

Denkt man sich nun eine Erdmasse M, Fig. 222, durch eine Mauer gestützt, und stellt sich vor, daß von dieser ganzen Masse ein Keil A B C sich

lostrenne, der auf der einen Seite gegen die Mauer, auf der andern Seite aber gegen die Masse sich stütze, so nimmt die Innenfläche AB der Mauer nur den Druck sp auf, welcher winkelrecht gegen sie gerichtet ist; eben so läßt sich aber auch annehmen, daß eine gleiche entgegengesetzt gerichtete Horizontalkraft das Prisma abc auf der schiefen Ebene erhält. Da nun der Druck gegen die Mauer in horizontaler Richtung wirkt, so kann er entweder eine horizontale Verschiebung der widerstehenden Mauer oder einen Umsturz derselben bewirken, welcher auf die Art erfolgt, daß die Mauer sich um die äußere an der Basis befindliche Kante oder um eine andere Achse drehe, wie dies oben bereits näher aus einander gesetzt ist. Um daher die Stärke einer Futtermauer bei gegebener Höhe bestimmen zu können, ist es erforderlich, den Druck zu ermitteln, welchen die Erde auf die Mauer ausübt. Hierbei hat man aber vor allen Dingen die Reibung und Cohäsion oder den mit der Berührungsfläche wachsenden Zusammenhang der Massentheile in Betracht zu ziehen, indem diese bei lockerer Erde wohl nicht so sehr, dagegen bei festgestampfter Erde schon erheblich ist. Von der Reibung ist die natürliche Böschung, von der Cohäsion aber die größte Böschung abhängig, bei welcher sich irgend eine Erdart erhalten kann, ohne sogleich abzustürzen, die also diejenige ist, welche sich unmittelbar nach dem Absturze des Prismas abc zeigte.

Ist nun die Höhe der Wand AB, gegen welche sich die Erdmasse lehnt $= h$, die Länge der Wand $= l$, ferner γ das Gewicht von einem Cubikfuß Erde und φ der Winkel, welchen die Trennungsfläche AC mit der Horizontalebene einschließt, so erhält man das Gewicht des Keilstücks ABC oder $G = \frac{1}{2} h^2 l \gamma \operatorname{Cotg} \varphi$.

Die verticale Innenfläche der Mauer nimmt nun, wie oben angedeutet, nur den Druck $SP = P$ auf, welcher winkelrecht gegen dieselbe gerichtet ist. Die zweite Seitenkraft von G wird aber von der Masse unter AC aufgenommen, wenn auch ihre Richtung um den Reibungswinkel von der Normale zur Berührungsebene abweicht. Bezeichnet man nun diesen Winkel NSR mit ϱ, so hat man $lrsq = \varphi - \varrho$, und daher den Horizontaldruck der Futtermauer oder

$$P = sp = \tfrac{1}{2} h^2 l \gamma \operatorname{Cotg} \varphi . \operatorname{tang} (\varphi - \varrho).$$

Diese Kraft ist von dem Winkel φ abhängig und da es verschiedene Werthe für φ geben kann, so muß es nothwendig einen Werth von φ geben, für welchen diese Kraft ein Maximum wird.

Es sei nun ABC das Prisma, welches den größten Druck ausübt, so ist ABD ein Prisma, welches schon einen geringeren Druck ausübt und daher BCD ein Prisma, welches zur Erhaltung auf seiner Basis keine Kraft mehr nöthig hat, sondern in gewissen Fällen schon einer kleinen Kraft zum Herabziehen widerstehen würde. Dasselbe wird aber in einem noch höheren Grade bei den übrigen Prismen der Fall, weil deren Basis sich schon immer mehr der Begrenzungsebene der natürlichen Böschung nähert; auf der Ebene BF, welche die natürliche Böschung vorstellen mag, würde das Prisma mit der Reibung schon im Gleichgewicht sein. Es kann daher nur dasjenige Prisma abstürzen, welches den größten Druck unter allen ausübt und deshalb hat man

dasselbe zu ermitteln, indem dieses auch gleichzeitig den größten Horizontaldruck, also denjenigen, welchen die Bekleidung überhaupt auszuhalten hat, ausübt.

Es kommt daher hier darauf an, den Werth von φ zu finden, für welchen $\text{Cotg}\,\varphi\,.\,\text{tang}\,(\varphi-\varrho)$ ein Maximum wird.

Da nun $\text{Cotg}\,\varphi\,.\,\text{tang}\,(\varphi-\varrho)=\frac{\text{Sin}\,(2\varphi-\varrho)-\text{Sin}\,\varrho}{\text{Sin}\,(2\varphi-\varrho)+\text{Sin}\,\varrho}$ ist und dieser Bruch seinen größten Werth erhält, wenn $\text{Sin}\,(2\varphi-\varrho)=1$ wird, so folgt daraus, daß für diesen Fall $2\varphi-\varrho=90^\circ$ sein muß, also $\varphi=45^\circ+\frac{\varrho}{2}$ ist.

Hiernach erhält man den Horizontaldruck oder

$$s\,p=P=\tfrac{1}{2}\,h^2\,l\,\gamma\,\text{Cotg}\,\varphi\,.\,\text{tang}\,(\varphi-\varrho)$$

$$=\tfrac{1}{2}\,h^2\,l\,\gamma\,\text{Cotg}\left(45^\circ+\frac{\varrho}{2}\right).\,\text{tang}\left(45^\circ-\frac{\varrho}{2}\right)$$

oder da $\text{Cotg}\left(45^\circ+\frac{\varrho}{2}\right)=\text{tang}\left(45^\circ-\frac{\varrho}{2}\right)$ ist, so erhält man

$$P=\tfrac{1}{2}\,h^2\,l\,\gamma\,\text{tang}\left(45^\circ-\frac{\varrho}{2}\right)^2.$$

Es ist nun der Ergänzungswinkel von $45^\circ+\frac{\varrho}{2}$ oder der Winkel ABC $=45^\circ-\frac{\varrho}{2}=\frac{90^\circ-\varrho}{2}$ gleich der halben Ergänzung des Reibungswinkels ϱ zu 90°, also gleich der Hälfte des Winkels ABF, so daß die Grundfläche BC des den Erddruck erzeugenden Prismas den Winkel ABF, welcher die natürliche Böschung mit der lothrechten Bekleidung einschließt, halbirt.

Setzt man ferner die Cohäsion, die bei obiger Entwickelung nicht in Betracht gezogen war, auf 1 Quadratfuß Oberfläche $=c$, so hat man für die zum Trennen des Prismas ABC von der Fläche BC erforderliche Kraft

$$=c\,.\,l\,.\,BC=c\,.\,l\,.\,h\,.\,\text{Cosec}\,\varphi.$$

Zerlegt man nun diese Kraft nach verticaler und horizontaler Richtung, so erhält man erstere $=c\,.\,l\,.\,h\,.\,\text{Cosec}\,\varphi\,.\,\text{Sin}\,\varphi=c\,.\,l\,.\,h$,

und letztere $=c\,l\,h\,.\,\text{Cosec}\,\varphi\,.\,\text{Cos}\,\varphi=c\,.\,l\,.\,h\,.\,\text{Cotg}\,\varphi$.

Die erstere Kraft wirkt aber dem Gewichte G entgegen und letztere der Horizontalkraft P; setzt man daher für P, $P+c\,l\,h\,\text{Cotg}\,\varphi$ und für G, $G-c\,l\,h$, so erhält man die Bedingungsgleichung

$$P=(\tfrac{1}{2}\,h^2\,l\,\gamma\,\text{Cotg}\,\varphi-c\,l\,h)\,\text{tang}\,(\varphi-\varrho)-c\,l\,h\,.\,\text{Cotg}\,\varphi.$$

Hieraus erhält man nach gehöriger Umformung und Reducirung

$$P=h\,[(\tfrac{1}{2}\,h\,l\,\gamma+c\,l\,\text{Cotg}\,\varrho)\,\text{Cotg}\,\varphi\,.\,\text{tang}\,(\varphi-\varrho)-c\,l\,\text{Cotg}\,\varrho].$$

Diese Kraft wird nun ein Maximum mit dem Producte $\text{Cotg}\,\varphi$ $\text{tang}\,(\varphi-\varrho)$, für $\varphi=45^\circ+\frac{\varrho}{2}$, und man erhält daher den vollständigen Horizontaldruck der Erdmasse gegen ihre verticale Bekleidung, oder

$$P=h\left[(\tfrac{1}{2}\,h\,l\,\gamma+c\,l\,\text{Cotg}\,\varrho)\,\text{tang}\left(45^\circ-\frac{\varrho}{2}\right)^2-c\,l\,\text{Cotg}\,\varrho\right]=$$

$$\tfrac{1}{2} h^2 l \gamma \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2 - c l h \operatorname{Cotg} \varrho \left[1 - \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2\right],$$

oder da $1 - \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2 = 2 \cdot \frac{\operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)}{\operatorname{tang}(90^\circ - \varrho)}$

$= 2 \frac{\operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)}{\operatorname{Cotg} \varrho}$ ist,

$$P = \tfrac{1}{2} h^2 l \gamma \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2 - 2 c l h \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)$$

oder $P = h l \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right) \left[\tfrac{1}{2} h \gamma \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right) - 2c\right].$

Es kommt nun darauf an, die Größe des Reibungswinkels ϱ und des Cohäsionscoëfficienten c näher zu bestimmen. Die Größe γ, welche das Gewicht von einem Cubikfuß Erde bezeichnet, läßt sich durch Wiegen unmittelbar bestimmen.

Um den Reibungswinkel zu finden, giebt Coulomb folgendes Verfahren an: man schütte die Erde, die zur Hinterfüllung der Futtermauer benutzt werden soll, auf einen Haufen und beobachte die steilste Dossirung, welche sie auf eine größere Länge in der Seite noch anzunehmen im Stande ist und bestimmt alsdann den Reibungswinkel, indem man die Neigung der steilsten Böschung gegen die Verticale mißt.

Zur Bestimmung des Werthes von c giebt Prony ein Verfahren an, welches aus obigem Ausdruck für P unmittelbar hervorgeht. Man untersucht nämlich, bis zu welcher Höhe die Erde sich noch lothrecht abstechen läßt, und sei das Maximum dieser Höhe $= h'$, so ist für diese Höhe $P = 0$ und man hat alsdann

$$0 = \tfrac{1}{2} h' \gamma \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2 - 2c \text{ und hieraus}$$

$$c = \tfrac{1}{4} h' \gamma \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2.$$

Substituirt man nun diesen Werth von c in den Ausdruck für P, so erhält man

$$P = h l \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right) \left[\tfrac{1}{2} h \gamma \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right) - \tfrac{1}{2} h' \gamma \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)\right]$$

$$\text{oder } P = \tfrac{1}{2} h l \gamma \operatorname{tang}\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2 (h - h'),$$

welche Formel für die Praxis sehr bequem ist, indem in derselben die Reibung und Cohäsion gerade durch diejenigen Größen ausgedrückt werden, welche die Beobachtungen unmittelbar ergeben haben.

Bei frisch gegrabener Erde ist nun h' ziemlich Null. Bei zusammengedrückter oder feucht gewesener Erde ist die Größe h' aber oft beträchtlich und zwar hauptsächlich bei thoniger oder lehmiger Erde, wo h' gleich 10 bis 12 Fuß sein kann. Bei Gartenerde ist dies aber weniger der Fall. Martony fand bei etwas feuchter Dammerde h' gleich 0,9 Fuß, dagegen bei ganz mit Wasser durchweichter Erde $h' = 0$. Bei dichter Pflanzenerde ergiebt sich h

gleich 3 bis 6 Fuß. In den meisten Fällen ist es jedoch rathsam, die Cohäsionskraft bei Bestimmung des Erddrucks nicht zu berücksichtigen, indem dieselbe immer zu sehr von zufälligen Umständen abhängt und ihr Werth bei frisch aufgeschütteter Erde überhaupt nur sehr gering ist.

Es ist nun ferner noch die Höhe anzugeben, in welcher der Horizontaldruck gegen die Wand vereinigt gedacht werden kann. Im Allgemeinen nimmt man an, daß der Mittelpunkt des Erddrucks mit dem Mittelpunkte des Wasserdrucks zusammenfällt, also um $\frac{1}{3}$ der Höhe h von der Basis oder um $\frac{2}{3}$ der Höhe von der Oberkante abstehe. Bei denjenigen Erdarten wo $h' = 0$ wird, ist dies wohl anzunehmen, dagegen läßt sich bei anderen Erdarten eine solche Annahme nicht unbedingt rechtfertigen, indem hierbei die Cohäsion mit einer gewissen Kraft entgegen wirkt. In diesem letzteren Falle erhält man nach Prony den Mittelpunkt des Erddrucks vom unteren Rande der Wand

$$= \frac{(h - h')(h + \frac{1}{2} h')}{3h}.$$

Hat die Erdmasse auf ihrer horizontalen Oberfläche noch eine andere Last zu tragen, entweder von einem Steinpflaster, von einem Gebäude oder einer sonstigen Belastung herrührend, so erleidet die Mauer jedenfalls einen größeren Druck, als wenn die Erde ganz frei wäre. Setzt man daher, um diesen Druck zu ermitteln, den Druck der Belastung auf jeden Quadratfuß der horizontalen Oberfläche $= q$, so erhält man denselben auf die Oberfläche des ganzen Druckprismas $= AC \,.\, l \,.\, q = l \,.\, q \,.\, h \,.\, \mathrm{Cotg}\, \varphi$, und es wird daher nun der Horizontaldruck ohne Rücksicht auf die Cohäsion, oder

$$P = (\tfrac{1}{2} h^2 l \gamma + q \,.\, l \,.\, h)\, \mathrm{Cotg}\, \varphi \,.\, \mathrm{tang}\, (\varphi - \varrho) \text{ oder}$$

$$P = (\tfrac{1}{2} h^2 l \gamma + q l h)\, \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2.$$

Man hat hier nun die Wirkungen von zweierlei Kräften, nämlich $\frac{1}{2} h^2 l \gamma \, \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2$ und $q l h \, \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2$ näher zu betrachten. Nimmt man daher der Einfachheit wegen den Angriffspunkt der ersteren Kraft auf $\frac{1}{3}$ der Höhe an, so ist das statische Moment derselben in Bezug auf den Fußpunkt der Mauer

$$= \frac{h}{3} \cdot \tfrac{1}{2} h^2 l \gamma \, \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2 = \frac{h^3}{6} l \gamma \, \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2.$$

Wegen des zweiten Theiles der Kraft aber werden gleiche Theile der verticalen Wand gleich stark gedrückt, es geht daher auch die Mittelkraft derselben durch den Schwerpunkt der Wand und steht sonach um die Hälfte von dem Fußpunkte der letzteren ab; das statische Moment dieser zweiten Kraft ist daher

$$= \frac{h}{2} \,.\, h \,.\, l \,.\, q \,.\, \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2 = \frac{h^2}{2} l q \,.\, \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2,$$

folglich erhält man das Moment des vollständigen Druckes

$$= \left(\frac{h^3}{6} l \gamma + \frac{h^2}{2} l q\right) \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2$$

$$= \frac{h^2 l}{2} \left(\frac{h}{3} \gamma + q\right) \mathrm{tang} \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2.$$

Wie schon weiter oben angeführt wurde, kann eine Mauer durch eine Kraft fortgeschoben oder umgestürzt werden. Denkt man sich nun eine Mauer Fig. 223 aus in horizontalen Schichten über einander liegenden Steinen bestehend, so kann man annehmen, daß beim Nachgeben der Mauer an irgend einer Stelle eine horizontale Fuge sich bilde, über welcher der darüber liegende Theil fortgleitet oder umschlägt. Ist nun die Kraft = P und das Gewicht des Mauertheils = G, so bildet sich eine Mittelkraft KR = R, von deren Größe und Richtung die Möglichkeit des Umstürzens oder Fortgleitens der Mauer abhängt.

Ist nun der Winkel KRG, um welchen diese Mittelkraft von der Normale KG zur Trennungsfläche UV abweicht, kleiner als der Reibungswinkel ϱ, so kann ein Fortgleiten der Mauer nicht stattfinden. Geht ferner die Kraftrichtung nicht außerhalb der Trennungsfläche UV vorbei sondern durch dieselbe, so ist auch die Mauer gegen ein Umstürzen um die Kante V gesichert. Die Gefahr eines Fortschiebens ist jedoch selten zu befürchten, weit eher dagegen ein Umstürzen der Mauer, weshalb bei Anlage von Futtermauern vorzüglich hierauf Rücksicht zu nehmen ist. Das Umstürzen einer Mauer wird aber dadurch noch mehr erleichtert, daß es in der Regel nicht um die äußere Kante geschieht, sondern um einen innerhalb derselben gelegenen Punkt, was entweder daher rührt, daß die Steine nahe an der Drehungskante zerbröckeln, oder daß der Grund nachgiebt, in welchem letzteren Falle der Drehpunkt aber sehr leicht bedeutend innerhalb der äußeren Kante sich gestalten kann. Hat man nun für eine Menge Bruchflächen die Durchschnittspunkte der Mittelkräfte R mit denselben gesucht und verbindet diese Punkte durch eine Linie, so erhält man die sogenannte **Widerstandslinie**. So lange nun diese Linie nicht aus der Mauer heraustritt, kann auch kein Umstürzen der Mauer stattfinden.

Soll dagegen eine Mauer gegen Fortschieben gesichert sein, so muß der Winkel, um welchen die Kraft oder der Druck P, welchen die Mauer aufzunehmen hat, von der Schwere abweicht, noch kleiner sein, als der Reibungswinkel ϱ, weil dann die Mittelkraft R aus P und G jedenfalls einen noch kleineren Winkel mit der Lothrechten einschließt als P allein.

Wir haben nun zunächst die Stabilität einer Futtermauer in Hinsicht auf Drehung zu bestimmen, und hierzu ist es erforderlich, die Widerstandslinie derselben näher zu ermitteln.

Es sei hier eine parallelepipedische Mauer AC, Fig. 223, welche den Erd- oder Wasserdruck aufnehmen soll. Die Kraft P greife gegen die Fläche DU um ein Drittel der Höhe DU über U an. Setzt man nun die Breite AB = CD der Mauer = b, die Dichtigkeit derselben = γ', nimmt man ferner den Endpunkt der Verticallinie durch K als Coordinatenanfangspunkt und setzt HN = x und NW = y, so hat man für die Länge l = 1

$$y b . x \gamma' = \tfrac{1}{3} x . P$$

$$\text{oder } \frac{y}{\tfrac{1}{3} x} = \frac{P}{b x \gamma'}.$$

$$\text{Es ist aber } P = \tfrac{1}{2} x^2 \gamma \operatorname{tang} \left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2$$

$$\text{also } y = \frac{1}{6} \frac{\gamma}{b\gamma'} \cdot x^2 \tang \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2,$$

welche Gleichung einer Parabel mit der Abscisse y und der Ordinate x entspricht. Nimmt man aber an, daß die Erdmasse noch um die Höhe h' über der Mauer aufgetragen ist, Fig. 224, so hat man die Gleichung

$$\frac{y}{\frac{1}{3}(x+h')} = \frac{\frac{1}{2}(x+h')^2 \gamma \tang \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2}{b x \gamma'}, \text{ und es entsteht dann}$$

$$y = \frac{(x+h')^3 \gamma}{6 b x \gamma'} \cdot \tang \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2.$$

Es erfordert aber die Stabilität einer Futtermauer, daß die Widerstandslinie nicht allein innerhalb der Mauer bleibe, sondern auch der äußeren Kante nicht zu nahe komme. Nach Vauban soll nun die Widerstandslinie die Grundfläche der Mauer in einem Punkte schneiden, dessen Entfernung von der verticalen Schwerlinie der Mauer höchstens $^4/_9$ der Entfernung der äußeren Mauerkante von eben dieser Schwerlinie ist. Poncelet nennt nun das Verhältniß zwischen der Entfernung der äußersten Kante von der verticalen Schwerlinie und zwischen der Entfernung des Durchschnittspunktes der Widerstandslinie mit der Basis der Mauer von eben dieser Schwerlinie den Stabilitätscoëfficienten; bezeichnet man denselben allgemein mit δ und führt statt x die Mauerhöhe h und statt y, $\frac{\frac{1}{2} b}{\delta}$ in obige Formel ein, so erhält man

$$\frac{b}{2\delta} = \frac{\gamma (h+h')^3}{6 b h \gamma'} \tang \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2$$

und hieraus die erforderliche Mauerdicke, oder

$$b = (h+h') \tang \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right) \sqrt{\frac{\delta \gamma (h+h')}{3 h \gamma'}}.$$

Führt man nun ferner für $\delta = \frac{9}{4}$ und für $\frac{\gamma}{\gamma'}$ den Mittelwerth $\frac{2}{3}$ ein,

$$\text{so entsteht } b = (h+h') \tang \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right) \sqrt{\frac{h+h'}{2h}}$$

$$= 0{,}707\, (h+h') \tang \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right) \sqrt{\frac{h+h'}{h}}.$$

Ist $h' < 2h$ und > 0, so soll man nach Poncelet

$$b = 0{,}865 \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma'}} \cdot \tang \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right) (h+h') \text{ und annähernd}$$

$$b = 0{,}285\, (h + h' \text{ setzen.}$$

Poncelet giebt ferner zur Berechnung der relativen Stärken der Futtermauern folgende Tabelle, welche die gegebenen Werthe von $\frac{h'}{h}$, $\frac{\gamma}{\gamma'}$ und die $\psi = \tang \varrho$ entsprechenden Werthe von $\frac{b}{h}$ angiebt.

Werthe von $\frac{h'}{h}$	Werthe von $\frac{b}{h}$ für $\frac{\gamma'}{\gamma} = 1$; $\psi = 0{,}6$ Berme $= 0$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = 1$; $\psi = 0{,}6$ Berme $= 0{,}2\,h$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = 1$; $\psi = 1{,}4$ Berme $= 0$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = 1$; $\psi = 1{,}4$ Berme $= 0{,}2\,h$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = 1{,}5$; $\psi = 1$ Berme $= 0$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = 1{,}5$; $\psi = 1$ Berme $= 0{,}2\,h$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = \frac{5}{3}$; $\psi = 0{,}6$ Berme $= 0$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = \frac{5}{3}$; $\psi = 0{,}6$ Berme $= 0{,}2\,h$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = \frac{5}{3}$; $\psi = 1{,}4$ Berme $= 0$	$\frac{\gamma'}{\gamma} = \frac{5}{3}$; $\psi = 1{,}4$ Berme $= 0{,}2\,h$
0,0	0,452	0,452	0,258	0,258	0,270	0,270	0,350	0,350	0,198	0,198
0,1	0,498	0,507	0,282	0,290	0,303	0,306	0,393	0,398	0,222	0,229
0,2	0,548	0,563	0,309	0,326	0,336	0,342	0,439	0,445	0,249	0,262
0,3	0,604	0,618	0,338	0,361	0,368	0,375	0,485	0,489	0,274	0,283
0,4	0,665	0,670	0,369	0,394	0,399	0,405	0,532	0,522	0,303	0,299
0,5	0,726	0,717	0,402	0,423	0,436	0,431	0,579	0,549	0,332	0,314
0,6	0,778	0,754	0,436	0,450	0,477	0,457	0,617	0,572	0,360	0,328
0,7	0,824	0,790	0,472	0,476	0,512	0,481	0,645	0,593	0,387	0,343
0,8	0,847	0,820	0,510	0,501	0,544	0,504	0,668	0,610	0,413	0,357
0,9	0,903	0,848	0,541	0,524	0,575	0,523	0,690	0,624	0,437	0,371
1,0	0,930	0,873	0,571	0,546	0,605	0,540	0,707	0,636	0,457	0,384
1,4	1,023	0,945	0,684	0,624	0,696	0,602	0,762	0,672	0,537	0,428
2,0	1,107	1,004	0,812	0,714	0,795	0,655	0,811	0,705	0,622	0,475
3,0	1,180	1,060	0,981	0,835	0,892	0,717	0,852	0,731	0,726	0,531
5,0	1,247	1,101	1,206	0,994	1,002	0,779	0,883	0,751	0,862	0,596
10,0	1,283	1,137	1,508	1,182	1,109	0,839	0,909	0,771	1,013	0,667
20,0	1,309	1,156	1,757	1,327	1,171	0,878	0,922	0,780	1,129	0,712
30,0	1,316	1,162	1,866	1,389	1,194	0,894	0,926	0,783	1,174	0,730
∞	1,337	1,175	2,144	1,541	1,243	0,927	0,934	0,789	1,279	0,769

Der Gebrauch dieser Tabelle geht aus folgendem Beispiele näher hervor. Es soll für eine 22 Fuß hohe Erdmasse, deren Reibungswinkel $= 31^0$ ist, durch eine eben so hohe Futtermauer gestützt werden, deren Dichtigkeit $^5/_3$ mal so groß ist, als die der Erdmasse.

Hier ist $h = 22$, $h' = 0$, also $\frac{h'}{h} = 0$, $\frac{\gamma}{\gamma'} = {^5/_3}$ und $\psi = \text{tang } 31^0 = 0{,}6$; man findet daher in der sechsten Verticalspalte $\frac{b}{h} = 0{,}350$, also die gesuchte Mauerdicke $= 0{,}350 . 22 = 7{,}7$ Fuß.

Ist die Mauer geböscht und bildet das Querprofil derselben, Fig. 225, ein Trapez, so läßt sich zur Bestimmung ihrer Dicke in Hinsicht auf Sicherheit gegen Drehung obige Formel nicht anwenden. Nimmt man dann die Basis AB als Trennungsebene an, und setzt $FK = x$ und $FB = y$,

$$\text{so hat man } \frac{y}{x} = \frac{P}{G}$$

$$\text{und } F.B = \delta y = \frac{\delta P x}{G}.$$

Es ist aber $P = {^1/_2}(h + h')^2 . \text{tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2$ und $x = {^1/_3}(h + h')$.

Bezeichnet nun ferner b die obere Breite der Mauer, n die äußere Böschung der Mauer auf jeden laufenden Fuß, also nh die äußere Böschung auf der ganzen Höhe und γ' die Dichtigkeit der Mauer, so hat man

$$G = (b + {^1/_2}nh) . h\gamma' = (bh + {^1/_2}nh^2)\gamma',$$

also vollständig

$$FB = \frac{(h + h')^3 \text{ tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2 . \delta\gamma}{6(bh + {^1/_2}nh^2)\gamma'}.$$

Es ist nun aber ferner nach der Lehre vom Schwerpunkte

$$FB = \frac{3b^2 + 6nhb + 2n^2h^2}{3(2b + nh)}, \text{ folglich auch}$$

$$\frac{3b^2 + 6nhb + 2n^2h^2}{3(2b + nh)} = \frac{(h + h')^3 \text{ tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2 . \delta\gamma}{6(bh + {^1/_2}nh^2)\gamma'} \text{ oder}$$

$$3b^2 + 6nhb + 2n^2h^2 = \frac{(h + h')^3}{h} . \frac{\delta\gamma}{\gamma'} . \text{tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2; \text{ daher}$$

$$3b^2 + 6nhb + 2n^2h^2 - \frac{(h + h')^3}{h} . \frac{\delta\gamma}{\gamma'} . \text{tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2 = 0 \text{ und hieraus}$$

$$b = -nh + \sqrt{\frac{(h + h')^3}{h} . \frac{\delta\gamma}{\gamma'} \text{ tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2 + {^1/_3}n^2h^2},$$

was dann die obere Mauerdicke ausdrückt.

Auf eine äußerst einfache Weise wird die Aufgabe vom Druck der Erde in einer Note zu Gauthey's Memoires sur les canaux behandelt, die im Folgenden mitgetheilt werden soll.

Ist nämlich x die Breite und h die Höhe einer senkrechten Mauer und das Gewicht von einem Cubikfuß derselben $= \gamma'$, so hat man für den Fall

des Gleichgewichts, da der Erddruck an dem Hebelsarme $\frac{h}{3}$ und das Gewicht der Mauer an dem Hebelsarme $\frac{x}{2}$ wirkt, wenn das Gewicht von einem Cubikfuß Erde $= \gamma$ ist, die Gleichung $\frac{x}{2} . x . h . \gamma' = \frac{h}{3} \cdot \frac{h^2}{2} \cdot \gamma$ und hieraus die Breite der Mauer oder

$$x = h\sqrt{\frac{\gamma}{3\gamma'}}.$$

Ist nun $\gamma = 85$ Pfund und $\gamma' = 158$ Pfund, so erhält man die Breite $x = 0{,}42 . h$.

Erhält nun die Mauer auf ihrer vorderen Seite eine Böschung und auf der Rückseite Fußbänke, so läßt sich die obere Seite derselben nach den nämlichen Voraussetzungen bestimmen.

Was die Stabilität einer Futtermauer in Hinsicht auf Fortschieben betrifft, so haben wir schon oben erwähnt, daß dies im Allgemeinen nicht vorkommt und nur der Fall denkbar ist, wenn der Boden, auf welchem dieselbe aufgeführt werden soll, stark vom Wasser durchdrungen ist. Hierbei kann es vorkommen, namentlich wenn die Mauer auf einem Schwellenrost fundirt ist, daß dieselbe ausgleitet. Es ist dann nöthig, das Fundament der Mauer so tief zu senken, bis der passive Druck auf der äußeren Seite in Vereinigung mit der Reibung am Boden dem activen Druck auf der inneren Seite der Mauer das Gleichgewicht hält.

Ist nun G das Gewicht einer Futtermauer, AC, Fig. 226, also fG ihre Reibung auf der Grundfläche AB, ist ferner die Erdmasse auf der inneren Seite h und h' die Höhe der Erdmasse auf der äußeren Seite, ϱ der Reibungswinkel und γ die Dichtigkeit der inneren Erde, ϱ' der Reibungswinkel und γ' die Dichtigkeit für die äußere Erdmasse, so hat man

$$fG + \tfrac{1}{2} h'^2 \gamma' \operatorname{tang}\left(45^0 + \frac{\varrho'}{2}\right)^2 = \tfrac{1}{2} h^2 \gamma \operatorname{tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2$$ und hieraus

$$h' = \sqrt{\frac{h^2 \gamma \operatorname{tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2 - 2fG}{\gamma' \operatorname{tang}\left(45^0 + \frac{\varrho'}{2}\right)^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{h^2 . \gamma \operatorname{tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2 - 2fG}{\gamma'} . \operatorname{Cotg}\left(45^0 + \frac{\varrho'}{2}\right)^2}$$

oder $$h' = \operatorname{tang}\left(45^0 - \frac{\varrho'}{2}\right) \sqrt{\frac{h^2 \gamma \operatorname{tang}\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)^2 - 2fG}{\gamma'}}.$$

Da nun der Reibungscoëfficient zwischen der Mauer und dem Grunde wohl bis auf 0,3 herabgehen kann, so führt man der Sicherheit wegen noch einen Stabilitätscoëfficienten 1,4 ein, so daß man also

$$h' = 1{,}4 \tan\left(45^\circ - \frac{\varrho'}{2}\right) \sqrt{\frac{h^2 \gamma \tan\left(45^\circ - \frac{\varrho}{2}\right)^2 - 2 f G}{\gamma'}}$$ erhält.

Der Reibungswinkel ϱ, Fig. 227, ergiebt sich nach verschiedenen Beobachtungen wie folgt:

Bei Dammerde oder Lehm in trocknem Zustande ist $\varrho = 33^\circ$,
desgleichen feucht . . . . $= 43^\circ$,
desgleichen ganz mit Wasser durchzogen . . . $= 17^\circ$,
bei feinem und trocknem Sande . . . . $= 27^\circ$,
bei reinem Sande, Grand und feinem Kies . . . $= 26^\circ$,
desgleichen im feuchten Zustande . . . . $= 32^\circ$,
bei unregelmäßigen Kieselsteinen . . . . $= 45^\circ$.

Bei Bestimmung des Winkels ϱ muß man aber immer sehr vorsichtig sein, indem der verschiedene Feuchtigkeitszustand der Erde hierauf immer einen wesentlichen Einfluß ausübt. Um daher ganz sicher zu gehen, muß man den ungünstigsten Fall voraussetzen, der nach der Localität überhaupt eintreten kann. Dieser ungünstigste Fall ist aber der, daß die Erde vollständig mit Wasser durchzogen ist und vielleicht sogar der hydrostatische Druck in Wirksamkeit tritt, für welchen Fall aber dann $\varrho = 0$ werden würde.

Schließlich soll hier noch eine Methode*) von Prony mitgetheilt werden, nach welcher man ohne Rechnung durch Construction von Linien die einer Futtermauer zu gebenden Stärken für alle Fälle findet, die vorkommen können.

Man beschreibt ein rechtwinkeliges Parallelogramm ABCD, Fig. 228, dessen Seite AD in 100 gleiche Theile getheilt und dessen Seite AB gleich 55 dieser Theile sei. Nun mache man auf AB, AE = 30 und AF = 45 dieser Theile.

Ferner theile man die Linie AE, welche Prony die Linie der Mauerböschungen nennt, in 60 gleiche Theile und die Linie FB, welche die Linie der specifischen Schweren genannt wird, in 30 Theile und ziehe von jedem Theilungspunkte nach dem Punkte D gerade Linien. Nun bezeichne man die Theilungen von AE von 1 bis 60 und die Theilungen von FB, indem man die Zahl 60 zu dem Punkte F setzt, von 60 bis 90. Die so hergestellte Figur dient nun, um die Profile der Mauern zu ziehen, wenn die Erdarten, welche durch die Mauern gehalten werden sollen, entweder aufgequollen oder außerordentlich flüssig sind. Ist man aber hinreichend versichert, daß keine Aenderung des möglichen Zustandes der Erde ihre natürliche Böschung über eine bestimmte Grenze hinaus verändern könne, so können auch die Stärken der Mauern nach einer Regel vermindert werden, welche sich durch Zeichnung ausführen läßt.

Man mache zu dem Ende TC = FB und trage auf TC die 30 Theile von FB herüber, beschreibe aus dem Mittelpunkte D concentrische Viertelkreise mit Radien, deren Enden in den Theilungspunkten von TC fallen. Nun theile man den Viertelkreis CH in Grade (wo dann jeder Theil nach dem neuen metrischen System $1/_{100}$ des Viertelkreises ist) und ziehe innerhalb des Winkels

*) Sganzin's Programmes etc.

BDC durch den Mittelpunkt D und die Theilungspunkte Linien bis zu den Durchschnittspunkten mit der Linie BC.

Alsdann numerire man die Grade oder die Hunderttheile des Viertelkreises auf dem inneren Bogen KT vom Punkte T ausgehend und schreibe an die Seite eines Grades die Zahl der Hundert- und Tausendtheile von DC, welche den Theil der Linie CB in sich begreifen, der zwischen dem Punkte C und dem Durchschnittspunkte des jedesmaligen Radius mit der Linie CB liegt. Diese Zahlen bezeichnen also nichts anderes, als die Tangenten der auf dem Bogen TK bezeichneten Winkel.

Da nun die ganze Aufzeichnung nur Verhältnisse angiebt, so ziehe man, um absolute Längen zu erhalten, von jeder Seite der Figur sechs mit AD parallele und gleiche Linien, so wird die eine dieser Linien ein Maßstab von 25 Meter, die fünf anderen aber werden Maßstäbe von 20, 15, 10, 5 und 2 Meter sein. Man kann bei jedem Verfahren unter denjenigen Maßstäben, welche Meter genug enthalten, um die Höhe der Mauer darauf zu tragen, denjenigen nehmen, welchen man will, aber den einmal angenommenen muß man während der ganzen Aufzeichnung beibehalten.

Die Theilungen der Linien FB und TC enthalten die Verhältnisse der specifischen Schweren des Erdreichs zu dem Mauerwerke von $^{60}/_{100}$ oder $^{3}/_{5}$ bis $^{90}/_{100}$ oder $^{9}/_{10}$. Fälle, in welchen über diese Grenzen hinausgegangen werden muß, sind sehr selten. Allein sollten diese Fälle wirklich vorkommen, so ist es genügend, die Eintheilungen von FB entweder in der Richtung FA oder über B hinaus zu verlängern und an die neuen Theilungen die Nummern zu setzen, die ihnen in Beziehung auf die zwischen F und B vorhandenen zukommen würden. Man kann dann nach den Nummern, die kleiner als 60 oder größer als 90 wären, gerade in derselben Weise verfahren, wie nach denen von 60 bis 90; es würden dann die von 40 oder 50 bis 120 oder 130 anwendbaren Resultate für die Ausführung alle erforderliche Genauigkeit haben.

Die Benutzung dieser Figur zur Bestimmung der Abmessungen der Futtermauern ist nun folgende.

Gesetzt man habe eine Mauer von 13 Meter Höhe aufzuführen, welche blos auf einer Seite auf 1 Meter Höhe $^{8}/_{100}$ Meter Anlauf habe und die eine Erdmasse halten solle, von welcher ein Cubikmeter $^{77}/_{100}$ eines Cubikmeters Mauer wiege und welche frisch aufgeschüttet eine Böschung annehme, deren Höhe gleich $^{44}/_{100}$ der Grundlinie sei.

Man nimmt nun auf einem Maßstabe von 15 Meter eine Länge Dh gleich 13 Meter und zieht durch den Punkt h eine Linie hk parallel mit CD. Der Theil e′f′ zwischen der Linie De, der der Böschung 8 auf der Theilung AE entspricht und zwischen der Linie Df, welche der Nummer 77 auf FB entspricht, wird die Dicke der Mauer an der Krone sein. Zieht man sodann f′G senkrecht auf DC, so ist das Trapez De′f′G das verlangte Querprofil der Mauer.

Soll die Mauer eine Böschung von $^{8}/_{100}$ an jeder Seite haben, so erhält man, wenn hk gezogen ist, zur Mauerdicke an der Krone die Linie e″f′, von welcher der Punkt e″ sich auf der Linie De^2 befindet, die der Nummer 8 + ½ von 8, also der Nummer 12 der Theilung der Linie AE entspricht.

Durch diesen Punkt e'' ziehe man e''d parallel mit der Linie De; trägt man sodann he'' von G nach d', so ist das Trapez e''f'd'd der Querschnitt der aufzuführenden Mauer.

Im Allgemeinen wird das hintere Ende f' der oberen Linie des Durchschnitts auf der Linie Df genommen, welche dem Verhältnisse der specifischen Schweren entspricht; was das vordere Ende anbetrifft, so wird dasselbe, wenn nur eine Böschung angeordnet werden soll, auf einer Linie De genommen, welche der Seite dieser Böschung auf der Theilung AE entspricht. Sind zwei gleiche Böschungen vorhanden, so werden sie auf einer Linie De' genommen, welche ein und ein halbmal der Böschungszahl auf derselben Theilung von AE in den Durchschnitten dieser Linien mit der von hk entspricht.

Nimmt man ferner an, eine Mauer solle zwei verschiedene Böschungen erhalten und zwar die äußere von zwölf Hunderttheilen und die innere von sechs Hunderttheilen, so wird immer das hintere Ende der oberen Linie des Profils in f' auf der Linie Df dem Verhältnisse von $^{77}/_{100}$ der specifischen Schweren entsprechen. Um nun das vordere Ende der Linie zu finden, nehme man auf hk den Punkt e^3, welcher der Zahl $12 + \frac{1}{2}$ von 6, also der Zahl 15 der Theilung AE entspricht, so erhält man die obere Dicke der Mauer gleich e^3f'; mittelst der gegebenen Böschungen, die man mit dem Zirkel von h bis zu den diesen Böschungen entsprechenden Linien zwischen h und e^3 abnimmt, construirt man dann das Profil der Mauer. Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß das vordere Ende e^3 sich auf dem Durchschnitt der Linie hk mit jener der Böschungslinien befindet, deren Nummer gleich der Zahl der Hunderttheile ist, welche die äußere Böschung und die Hälfte derjenigen hinzugerechnet, welche die innere Böschung bezeichnet, ausdrückt. Der Punkt f' bestimmt sich auf die oben angegebene Weise.

Diese Constructionen sind auf mehrere Fälle der Praxis anwendbar, weil sie für die Mauer, vorausgesetzt, daß diese tüchtig ausgeführt werde, Abmessungen geben, die mit aller Sicherheit angewendet werden können. Will man nun aber die Reductionen der Stärken kennen, welche eintreten können, wenn man sich versichert hat, daß keine Aenderung der natürlichen Böschung der Erde über eine gewisse Grenze hinaus eintreten könne, so muß man nach folgender Methode verfahren.

Durch diejenige der Theilungen von TC, welche dem Verhältnisse der specifischen Gewichte entspricht, ziehe man eine Linie parallel mit CB, sodann eine andere durch D gehende bis zum Durchschnittspunkte mit NC, auf welcher sich die Zahl der Tausendtheile der Basis der Böschung findet, welche ihre Höhe enthält. Diese Zahl sei nun unmittelbar gegeben, oder aus dem Winkel direct abgeleitet, welcher durch die natürliche Böschung des Erdreichs mit dem Horizonte gebildet wird, indem man den Werth dieses, in Graden gegebenen Winkels entweder auf dem Viertelkreise TK oder in unten stehender Tafel sucht, wo die Zahl der Tausendtheile der Basis einer Böschung, welche die Höhe dieser Böschung enthält, für alle Winkel, die diese mit dem Horizonte bilden kann, von Grad zu Grad in der mit Tangente bezeichneten Spalte angegeben ist. Diese zwei Linien sind in dem eben gegebenen Beispiele gQ und DX,

welche in Q sich schneiden. Trägt man nun gQ von A nach q auf AB und zieht die Linie qD, so ist f″, ihr Durchschnittspunkt mit hk, das hintere Ende der oberen Linie des Mauerprofils; das vordere Ende dieser Linie bestimmt sich aber, wie oben angegeben.

Zur Bestimmung der Linie DQ kann man auch gleich in der Figur auf die Eintheilungen von NC Zahlen schreiben, die vom Punkte N, dem Durchschnittspunkte des Schenkels des halbrechten Winkels mit der Linie CB, ausgehen und den Durchschnittspunkten dieser Linie und den Verlängerungen der Radien des Bogens Ch entsprechen. Diese Zahlen bezeichnen die Tangenten der Böschungswinkel und die hier nicht benannten Zwischenwerthe sind aus unten stehender Tabelle zu entnehmen, da in der Figur diese Theilungen nur von 5 zu 5 numerirt und bezeichnet sind.

Soll diese Figur auch auf solche Fälle angewendet werden, wo die Oberfläche des Bodens ein überall gleichförmig auf derselben verbreitetes Gewicht zu tragen hat, wie dies bei Straßenpflaster oder Steinplatten der Fall ist, so hat man weiter nichts zu thun, als daß man für das Verhältniß $\gamma : \gamma'$ dasjenige $\gamma + \frac{3\,G}{h} : \gamma'$*) substituirt. Folgendes Beispiel mache dieses Verfahren deutlich.

Es sei bei einer Mauer, deren Höhe 10 Meter betragen soll, die Oberfläche des Erdreichs mit 312½ Kilogramm auf dem Quadratmeter belastet; der Cubikmeter Erde wiege 1500 Kilogramm, das Mauerwerk dagegen wiege 1875 Kilogramm, so hat man anstatt wie im obigen Falle $\frac{1500}{1875} = 0{,}80$, hier das Verhältniß $\frac{1500 + \frac{3 . 312\frac{1}{2}}{10}}{1875} = 0{,}85$ und die Theilung 85 von FB oder TC anzuwenden, wodurch dann der Punkt f′ bestimmt wird. Das Uebrige ist dann in derselben Weise, wie bei den vorher angegebenen Fällen.

Diese Construction haben wir deshalb mitgetheilt, um den Werkleuten, denen die Theorie nicht bekannt ist, ein Mittel an die Hand zu geben, bei vorkommenden Fällen die Stärke der aufzuführenden Mauer durch Construction bestimmen zu können.

Am Schlusse dieses Capitels geben wir nun eine

Tafel,

welche die Zahl der Tausendtheile der Basis einer Böschung, welche die Höhe dieser Böschung enthält, für alle Winkel, die diese mit dem Horizonte bilden kann, von Grad zu Grad angiebt.

Die Grade sind hier die Hunderttheile des Viertelkreises und die Höhen der Böschungen stehen in der mit Tangente bezeichneten Spalte; es sind dies die Zahlen, welche an die Seite der entsprechenden Grade auf dem Bogen KT der Figur geschrieben werden müssen.

*) γ ist die specifische Schwere des Erdreichs; γ' die des Mauerwerks. G ist das Gewicht, welches die Einheit der Oberfläche zu tragen hat und h die Höhe der Mauer.

Grade.	Tangente.	Grade.	Tangente.	Grade.	Tangente.	Grade.	Tangente.	Grade.	Tangente.
0	0	20	325	40	727	60	1376	80	3078
1	16	21	342	41	751	61	1423	81	3251
2	31	22	360	42	776	62	1471	82	3442
3	47	23	378	43	801	63	1522	83	3655
4	63	24	396	44	827	64	1576	84	3895
5	79	25	414	45	854	65	1632	85	4165
6	95	26	433	46	882	66	1691	86	4474
7	110	27	452	47	910	67	1753	87	4829
8	126	28	471	48	939	68	1819	88	5242
9	142	29	490	49	969	69	1889	89	5730
10	158	30	510	50	1000	70	1963	90	6314
11	175	31	529	51	1032	71	2041	91	7027
12	191	32	550	52	1065	72	2125	92	7916
13	207	33	570	53	1099	73	2215	93	9058
14	224	34	591	54	1134	74	2311	94	10579
15	240	35	613	55	1171	75	2414	95	12706
16	257	36	635	56	1209	76	2526	96	15895
17	274	37	657	57	1248	77	2646	97	21205
18	291	38	680	58	1289	78	2778	98	31821
19	308	39	703	59	1332	79	2921	99	63657
20	325	40	727	60	1376	80	3078	100	infin.

Zehntes Capitel.

Von den Hebemaschinen.

§. 73. Allgemeines.

Zum Heben und Versetzen oder zur Fortschaffung schwerer Lasten bedient man sich immer gewisser Maschinen, die dann das materielle Mittel sind, welches zur zweckmäßigen Ausübung der arbeitenden Kräfte gebraucht wird.

Die Maschinen werden gewöhnlich in einfache und zusammengesetzte eingetheilt. Zu den einfachen Maschinen gehören aber namentlich der Hebel, die Welle und die Rollen und wollen wir uns darauf beschränken, von diesen Maschinen eine einfache Theorie zu geben, da diese die Elemente aller anderen

zusammengesetzteren sind. Darnach sollen noch mehrere zusammengesetztere Hebemaschinen folgen, die bei verschiedenen Bauten zum Heben großer Lasten benutzt sind.

§. 74. Der Hebel.

Die einfachste Maschine zum Bewegen einer Last ist unstreitig der **Hebel**.

Bei einem jeden Hebel sind vorzüglich drei Punkte zu bemerken, nämlich der Unterstützungspunkt desselben, der Punkt, an welchem die Kraft wirkt und endlich der Punkt, an welchem die Last hängt. Die Entfernungen der beiden letzteren Punkte von dem Unterstützungspunkte heißen „die Hebelarme."

Ist nun der Stützpunkt zwischen Kraft und Last angebracht, so heißt der Hebel ein zweiarmiger oder Hebel erster Art. Ist aber der Stützpunkt des Hebels außerhalb der Kraft und Last gelegen, so daß die Last zwischen dem Stützpunkte und demjenigen Punkte liegt, wo die Kraft wirkt, so entsteht ein einarmiger Hebel oder ein Hebel zweiter Art. In beiden Fällen wird aber vorausgesetzt, daß der Stützpunkt, die Angriffspunkte, so wie auch die Richtung des Zuges in einerlei Ebene liegen und eben so die Richtung der Kräfte normal auf die Richtung der Hebelarme ist.

Ist nun die Kraft im Punkte $a = P$ und das Gewicht im Punkte $b = Q$, Fig. 229, so ist allemal im Falle des Gleichgewichts

$$P : Q = bc : ac;$$

d. h. an einem Hebel ist Gleichgewicht, wenn die Kräfte oder Gewichte umgekehrt, wie ihre Hebelarme sich verhalten.

Hieraus geht nothwendig hervor, daß, wenn bei gleicher Last und Kraft der Stützpunkt weiter gegen a oder b gerückt wird, nothwendig das Gleichgewicht aufgehoben wird und auf der Seite des längeren Armes eine Ueberwucht erfolgen muß. Dasselbe entsteht aber auch, wenn bei unverrücktem Stützpunkte die Last oder Kraft verändert wird.

Für das Gleichgewicht muß daher immer $P : Q = bc : ac$

$$\text{oder } P.ac = Q.bc$$

sein. Diese Producte der Kraft und Last in ihre zugehörigen Hebelarme nennt man ihre **statischen Momente** und sind von diesen Größen drei gegeben, so läßt sich die vierte unbekannte sehr leicht durch Rechnung finden.

Da aber ein physischer Hebel, wovon hier nur die Rede ist, nie ohne Gewicht sein kann, so ist dieses Gewicht jedenfalls noch mit in Rechnung zu bringen. Dies ist indeß nicht schwierig; denn man sucht nur die Schwerpunkte der beiden Hebelarme und denkt sich das Gewicht eines jeden Hebels in dem zugehörigen Schwerpunkte vereinigt. Ist z. B. in d der Schwerpunkt des Hebelarmes ac und in f derjenige des Hebelarmes bc, ferner das Gewicht von $ac = G$ und dasjenige von $bc = g$, so erhält man für den Fall des Gleichgewichts die Summe der statischen Momente auf der einen Seite des Stützpunktes gleich derjenigen auf der andern Seite desselben, oder

$$P.ac + G.cd = Q.bc + g.cf.$$

Bisher betrachteten wir die Kräfte am Hebel im Zustande der Ruhe.

Nehmen wir nun aber an, daß der Hebel Fig. 230 durch Vergrößerung der Kraft in eine andere Richtung gekommen sei, so bewegen sich P und Q in Kreisbogen aa' und bb', deren Halbmesser aber die Hebelarme ac und bc sind. Diese beschriebenen Kreisbogen nennt man nun die Wege der Kraft und Last. Da sich aber die Bogen wie ihre Halbmesser verhalten, so erhält man auch leicht

$$P:Q = bb':aa'$$

und es verhalten sich daher auch hier die Kräfte zu einander, wie umgekehrt die von ihnen zurückgelegten Wege.

Bildet man die Producte der äußeren und inneren Glieder, so erhält man

$$P.aa' = Q.bb'$$

und diese Producte der Last und Kraft in die zurückgelegten Räume nennt man die mechanischen Momente.

Aus der Gleichung ersieht man nun leicht, daß gerade so viel an Raum verloren wird, als man an der Kraft gewinnt, daß also der Hebel, so vortheilhaft er für die Kraft bei Erhebung großer Lasten zu sein scheint, doch für die zu Stande gebrachte Arbeit keinen eigentlichen Gewinn giebt, sondern nur die Möglichkeit gewährt, Lasten zu heben, die man ohne denselben gar nicht zu gewältigen im Stande sein würde.

Ziehen ferner P und Q, Fig. 231, in schiefer Richtung, parallel oder auch in verschiedenen Richtungen, so verhalten sie sich für das Gleichgewicht umgekehrt, wie die aus dem Stützpunkte c auf die Richtungslinien der Kräfte gefällten Normalen, oder

$$P:Q = cb':ca'.$$

Ist Fig. 232, abc, der Hebel, so nennt man dies einen gebrochenen oder Winkelhebel. Wirken hierbei nun die Kraft und Last normal auf die zugehörigen Hebelarme, so werden die statischen Momente ganz eben so berechnet, wie bei den geraden Hebeln. Wirken die Kräfte P und Q aber nicht rechtwinkelig auf den Winkelhebel, so fällt man vom Stützpunkte aus auf die Richtungen der Kräfte Normalen und diese sind dann die in Rechnung zu bringenden Hebelarme.

§. 75. Die Welle.

Wird um einen festen Cylinder (oder eine Welle), Fig. 233, der um seine Achse sich dreht, oberhalb ein Seil geschlagen, an welchem zwei Gewichte P und Q senkrecht ziehen, so ist der Durchmesser ab desselben als ein zweiarmiger Hebel zu betrachten, dessen Stützpunkt die Achse des Cylinders ist. Da aber die Hebelarme einander gleich sind, so ist auch für den Fall des Gleichgewichts $P = Q$ und es wird somit für die Kraft nichts gewonnen, der Cylinder mag groß oder klein sein; wohl aber erlangt man hierdurch, daß man, ohne das Gleichgewicht zu stören, der Kraft eine der Last entgegengesetzte Richtung geben kann, was für die Praxis von großer Wichtigkeit ist, namentlich bei horizontalliegenden Wellen, wo die Menschenkraft von oben nach unten viel vortheilhafter wirken kann, als umgekehrt.

Nehmen wir ferner an, die Welle Fig. 234 sei mit einem Hebelarme ver-

sehen, dessen Länge = l sei und an dessen äußerem Ende wirke eine Kraft P, um die Welle aber sei ein Seil geschlungen, an welchem eine Last Q hänge, so haben wir nach der vorliegenden Zeichnung ebenfalls einen zweiarmigen Hebel dessen Stützpunkt die Achse der Welle ist.

Ist nun der Durchmesser der Welle gleich 2a und die Dicke des umgeschlungenen Seiles, woran die Last hängt gleich 2b, so hat man im Falle des Gleichgewichts

$$P : Q = a + b : l + a \text{ und}$$
$$P(l + a) = Q(a + b).$$

Im Falle des Gleichgewichts verhält sich daher die Kraft zur Last wie der Halbmesser der Welle plus der halben Seildicke zur Länge des Hebelarmes, vom Mittelpunkte der Welle bis zum Angriffspunkte der Kraft gerechnet.

Ist die Richtung der Kraft mit der der Last nicht parallel, oder liegen die Hebelarme der Kraft und der Last nicht in einer geraden Linie, so daß ein Winkelhebel entsteht, so ist die Berechnung nach dem oben Angeführten zu bestimmen.

Ist mit der Welle eine Rolle von bedeutend größerem Durchmesser fest verbunden, so entsteht dadurch das Rad an der Welle oder die Radwelle. Beide Theile haben dann eine gemeinschaftliche Achse, um welche sie sich herumdrehen. An dem Rade wirkt gewöhnlich die Kraft und an der Welle die Last, welche mit einem um die Welle herumgeschlungenen Seile in die Höhe gezogen wird. Kraft und Last wirken dabei nach dem Verhältniß ihrer Hebelarme oder ihrer Halbmesser. Bezeichnet man daher den Halbmesser des Rades mit R und den Halbmesser der Welle mit Einschluß der halben Seilstärke mit r, ferner die Kraft mit P und die Last mit Q, so hat man

$$P : Q = r : R.$$

Es gelten also hier dieselben Gesetze, wie beim Hebel und kommen hierbei auch dieselben Fälle vor, wie beim zweiarmigen Hebel.

Hat nun die Welle eine horizontale Lage, so heißt die Maschine ein Haspel; ist sie aber senkrecht aufgestellt, so heißt sie eine Winde, zuweilen aber auch ein stehender Haspel.

Die Haspeln erhalten nach der Art, wie die Kraft dabei als wirkend angebracht ist, verschiedene Benennungen und zwar:

Hornhaspeln, wenn der Zapfen der Welle verlängert und mit einer Kurbel versehen ist;

Kreuzhaspeln, wenn durch die Welle zwei Stäbe kreuzweis durchgesteckt werden, so daß sie vier unter rechten Winkeln zusammengesetzte Hebelarme bilden;

Radhaspeln oder Spillenräder, wenn die Welle ein verticales Rad hat, in dessen Kranz kurze Stäbe oder Spillen befestigt sind, die so weit aus einander stehen, daß ein Mensch bei der Umdrehung des Rades bequem von einer Spille zur andern greifen kann.

§. 76. Die Rolle.

Unter einer Rolle versteht man eine kreisrunde an ihrer Peripherie ausgehöhlte Scheibe von nur geringer Dicke, die sich um einen in ihrer Mitte befindlichen Zapfen dreht. Die Achse der Scheibe umgiebt man mit einer Scheere, die zu beiden Seiten herabgeht und die Achse trägt.

Wird nun diese Scheere so angehängt, daß sie der Achse eine feste Unterlage giebt und die Scheibe sich nur um dieselbe drehen kann, so heißt die Rolle eine feste Rolle und das Seil wird daher oberhalb um dieselbe geschlagen.

Wird dagegen an der Scheere die Last angehängt und das eine Ende des um die Scheibe geschlagenen Seiles oberhalb befestigt, das andere Ende aber in die Höhe gezogen, so daß die Scheibe sammt der Last ebenfalls in die Höhe gezogen wird, so nennt man dieselbe eine lose (bewegliche) Rolle.

An einer festen Rolle ist im Zustande des Gleichgewichts die Kraft der Last gleich, oder $P = Q$. Dies findet auch Statt, wenn die Kraft P nach horizontaler oder nach jeder beliebigen Richtung an der Peripherie der Scheibe zieht.

Wenngleich auch bei einer festen Rolle keine Verschiedenheit der Hebelarme stattfindet und also die Kraft immer der Last gleich sein muß, so gewährt sie dennoch sehr bedeutende Vortheile. Man kann einmal die feste Rolle dazu anwenden, die Richtung einer Kraft, je nachdem es die Umstände erfordern, zu verändern, ohne dadurch die Kraft zu vermindern. Ferner kann man mit derselben Lasten auf jede beliebige Höhe heben, was man aber mit einem einfachen Hebel nicht zu thun im Stande ist.

Bei einer losen Rolle dagegen verhält sich die Kraft zur Last, wie der Halbmesser der Scheibe zu der Sehne des Bogens, welchen das Seil umspannt. Bezeichnet man nun den Halbmesser der Scheibe mit r und die Sehne des vom Seile umspannten Bogens mit s, so hat man

$$P : Q = r : s.$$

Umgiebt daher das Seil die halbe Peripherie, oder umspannt es die halbe Scheibe, was gewöhnlich der Fall ist, so wird $s = 2r$ und man erhält dann

$$P : Q = r : 2r = 1 : 2,$$

woraus sich $P = \frac{Q}{2}$ ergiebt. Wenn demnach die vom Seile umspannte Sehne in den Durchmesser übergeht, also die Richtungen der beiden Seile parallel sind, so ist die Kraft der halben Last gleich. Es ist daher bei der losen Rolle nicht so wie bei der festen gleichgültig, welche Richtung man dem Seile giebt, woran die Kraft wirkt; denn ist die Richtung der beiden Seile nicht parallel, so wird auch s kleiner und es ist dann, um die Last zu heben, eine größere Kraft nöthig, als wenn die Sehne $s = 2r$ ist.

Befinden sich zwei oder mehrere Rollen in einem Gehäuse oder Kloben, so heißt man eine solche Zusammensetzung eine Flasche oder auch einen zwei-, drei- oder mehrscheibigen Block. Werden aber zwei Flaschen mittelst eines Seiles dergestalt verbunden, daß das Seil abwechselnd von einer festen Rolle

auf eine lose Rolle geht, so nennt man dies einen Flaschenzug. Die obere Flasche wird gewöhnlich an einem festen Gerüste angebunden und diese bildet dann die festen Rollen; an die untere aber wird die zu hebende Last angehängt und es enthält diese somit die losen Rollen.

Nimmt man nun an, daß jede Flasche nur eine Rolle enthalte und ist der Haken, an dem das Seil befestigt wird, an der oberen Flasche angebracht, wie in Fig. 235 angegeben, so ist das Seil unten um eine bewegliche Rolle, oben aber um eine feste Rolle geschlungen und es verhält sich hier die Kraft zur Last oder $P : Q = 1 : 2$, indem die feste Rolle A nur dazu dient, die Richtung des Seils zu verändern, sonst aber keinen Vortheil an Kraft gewährt. Die Last wird hier von zwei gespannten Seilen getragen, auf welche sie gleich vertheilt wird und da die anzuwendende Kraft P nur der Spannung des einen Seils oder der halben Last gleich ist, so muß auch hier $P = \frac{Q}{2}$ sein.

Befindet sich der Haken, an dem das Seil befestigt ist, an der unteren Flasche, wie in Fig. 236, so werden von der Last drei Seile gespannt, wovon jedes daher $1/3$ der Last trägt. Da aber auch hier die anzuwendende Kraft P nur der Spannung des einen Seils gleich ist, so folgt, daß in diesem Falle $P = \frac{Q}{3}$ ist.

Auf diese Weise hat die Kraft bei einem Flaschenzuge von fünf Rollen den fünften Theil der Last, bei einem Flaschenzuge von sechs Rollen nur den sechsten Theil der Last zu überwältigen. Im Allgemeinen verhält sich daher bei einem Flaschenzuge die Kraft zur Last, wie die Einheit zur Anzahl der von der Last gespannten Seile.

Diese Flaschenzüge dienen vorzüglich dazu, um bedeutende Lasten in beschränktem Seitenraume in die Höhe zu fördern, weshalb sie daher auch bei größeren Bauten sehr häufig gebraucht werden. Wenn man nun auch im Stande ist, mittelst dieser Flaschenzüge bedeutende Lasten mit geringerem Kraftaufwand heben zu können, so ist doch hierbei zu bemerken, daß man an der Geschwindigkeit der Last, folglich an der Zeit, welche die Last zur Zurücklegung des gleichen Raumes bedarf, eben so viel verliert, als das Verhältniß der Kraft zur Last durch die Anzahl der Seile vermindert wird. Denn es ist klar, daß, wenn die Last um einen Fuß gehoben werden soll, jedes der m Seile, die durch die Last gespannt werden, auch um einen Fuß, folglich alle Seile zusammengenommen um m Fuß aufgewickelt oder verkürzt werden müssen. Da nun aber an dem letzten Seile die Kraft angebracht ist, so muß dieselbe m Fuß zurücklegen, wenn die Last um einen Fuß steigen soll, so daß also der Gewinn an Kraft eben so viel als der Verlust an Zeit beträgt.

Die Anordnung einer Flasche kann auf dreierlei Art stattfinden. Einmal können alle Rollen über einander angebracht werden. Hierbei müssen aber die Rollen (Scheiben) verschiedene Durchmesser erhalten und zwar muß der Durchmesser jeder zunächst unteren Scheibe um $2^1/_2$ Seildicken kleiner sein, als der

der nächst oberen Scheibe, weil die Seile sich sonst leicht klemmen, wodurch nicht allein eine bedeutende Reibung entsteht, sondern die Seile auch sehr bald abgenutzt werden. Diese Anordnung ist jetzt auch veraltet und kommt nur noch sehr selten zur Anwendung. Ferner können auch die Rollen neben und über einander angebracht werden; bei den unteren Rollen ist dann dasselbe zu berücksichtigen, was bei der ersten Art angeführt wurde. Die dritte Art der Anordnung der Flaschen ist, daß alle Rollen neben einander gestellt werden, wie dies in Fig. 76 angedeutet ist. Diese Art von Flaschen wird am häufigsten gebraucht. Die sämmtlichen Rollen in einer Flasche haben in diesem Falle eine gemeinschaftliche Achse, um welche sich daher auch jede Rolle frei bewegen kann.

Die Rollen oder Scheiben werden gewöhnlich aus Pockholz gedreht und eben daraus besteht auch meistens die Achse, auf der die Scheiben laufen. Die Achse, die gleichfalls genau abgedreht wird, steckt nicht sehr fest in der Fassung, so daß sie immer leicht herausgeschlagen werden kann. Sie darf aber nicht so lose sein, daß sie sich mit den Scheiben umdreht. Die Scheiben müssen eine solche Stärke erhalten, daß sie sich nicht gegen die Fassung klemmen, doch dürfen sie auch nicht zu viel Spielraum haben und die Rille, worin das Seil zu liegen kommt, darf keine scharfen Ecken zeigen, damit das Seil in sanfter Biegung herumgeführt werden kann, weil sich dasselbe sonst sehr bald abnutzen würde. Die Fassung besteht aus Eschenholz, welches sich hierzu durch seine Härte, besonders aber durch seine Zähigkeit empfiehlt, indem es nicht leicht ausspringt oder splittert. Gewöhnlich werden die Flaschen oder Blöcke mit Eisen beschlagen, was jedoch immer mit großer Sorgfalt geschehen muß, wenn dadurch nicht die Reibung vermehrt werden soll. Wird der Block mit Eisen beschlagen, so erhält er auch eine eiserne Achse und in diesem Falle müssen daher auch die Scheiben mit metallenen Büchsen versehen sein. Der eiserne Ring, der die hölzerne Fassung des Blockes umgiebt, erhält eine Oese und eine Oeffnung, worin ein Haken oder Ring eingeschmiedet werden kann. Beide Theile müssen aber genau in die Längenachse des Blockes fallen, damit, wenn der Block aufgehängt wird, die Scheiben sich in einer senkrechten Lage befinden. Dies Letztere ist überhaupt immer nothwendig, weil sonst die Seile sich sehr leicht reiben und bald abnutzen.

Zuweilen windet man auch, statt des eisernen Ringes, eine Stroppe um die Flasche; diese Stroppe umfaßt dann zugleich auch die Kausche, eine ringförmig gebogene Rinne von starkem Eisenblech, worin der Haken befestigt ist. Durch die Stroppe wird von beiden Seiten der hölzerne Nagel bedeckt, so daß er nicht herausfallen kann. An dem einen von den beiden Blöcken des Flaschenzuges muß nun noch das einzuscheerende Seil befestigt werden und zu dem Ende wird dieser Block auf der andern Seite mit einer zweiten Kausche versehen, die ebenfalls in der Stroppe auf dieselbe Art befestigt wird, wie die andere. Um das Herausfallen der Kausche zu verhindern und gleichzeitig auch, um die Stroppe gehörig fest um den Block zu legen, wird dieselbe mittelst einer starken dünnen Leine dicht neben der Kausche recht fest umwunden.

§. 77. Von den Winden.

Die gewöhnliche Winde, welche man auch stehenden Haspel nennt, kommt bei Ausführung von Bauten im Allgemeinen selten zur Anwendung; dagegen wird sehr häufig die sogenannte Erdwinde gebraucht.

Dieselbe wird zum Fortschaffen großer Lasten auf der Erde angewendet und zwar an dem Orte, wohin die Last zu bringen ist, an eingeschlagene Pfähle befestigt. Soll dieselbe zum Aufziehen von Lasten benutzt werden, so wird sie zu diesem Zwecke meistentheils mit einem Flaschenzuge verbunden; das Zugtau, welches um die Welle der Winde geschlungen ist, wird aber über eine feste Rolle geführt, um demselben die erforderliche horizontale Richtung zu geben.

In den Figuren 237 und 237 A und B ist eine solche Erdwinde in der Seitenansicht und im Grundrisse dargestellt. Dieselbe besteht aus einer stehenden Welle, welche sich in einer Holzverbindung oder einem Bocke befindet. Der untere Theil der Welle ist in dem Bocke durch einen eisernen Zapfen befestigt, der in einer Pfanne geht, welche sich in einer auf den Schwellen des Bockes ruhenden Bohle oder in einem, in dieselben eingelassenen Riegel befindet. Der obere Theil der Welle oder der Hals derselben wird dagegen durch eine andere Bohle gehalten, die mit einem halbkreisförmigen Ausschnitt versehen ist, welcher der Welle in der Richtung widerstrebt, die der Kraftäußerung entgegengesetzt ist. Um die Stiele des Bockes mit den Schwellen gehörig fest zu verbinden, ist es am zweckmäßigsten, gegen dieselben eiserne Schienen zu nageln, die unten in einem Bolzen ausgehen, der durch die Schwelle hindurchgreift und hier mit einer Schraubenmutter gehalten oder auch nur vernietet wird. Die Streben werden in die Stiele, so wie auch in die Schwellen mit starken Versatzungen eingezapft. Die unteren Schwellen müssen mit einander gehörig verriegelt werden. Im Uebrigen geschieht die Befestigung nur mit starken eisernen Nägeln. Eisenbeschläge kommen bei diesen Winden weiter nicht vor, sie sind wenigstens nicht erforderlich, als nur, daß um den viereckigen Kopf der Welle ein eiserner Ring umgelegt wird, der dazu dient, das Aufspalten der Welle zu verhindern; eben so wird auch um das untere Ende der Welle ein eiserner Ring gelegt. Der runde Theil der Welle wird gewöhnlich nach unten hin etwas verjüngt. Der viereckige Kopf der Welle wird mit zwei Löchern durchbrochen, die sich rechtwinkelig durchkreuzen und über einander befinden. In diese Löcher werden die Hebebäume gesteckt, an denen die Menschen zum Umdrehen der Welle verwendet werden.

Das Material, woraus die Erdwinde gebaut wird, ist Eichenholz. Die Hebebäume oder Durchsteckarme dürfen aber nicht aus starken Stämmen ausgeschnitten sein, sondern müssen vielmehr in schwachen Bäumen bestehen, die nur etwas beschnitten und entrindet sind. Am besten benutzt man hierzu junge Birkenstämme, weil diese wegen ihrer großen Zähigkeit dem Bruche am wenigsten ausgesetzt sind.

Sind mit diesen Winden schwere Lasten zu fördern, so giebt man den Durchsteckbäumen eine größere Länge, so daß an jedem einzelnen Arme mehrere Arbeiter Platz finden können.

Wird das hintere Ende des Windetaues (Kabeltaues) beim Aufwinden nicht durch einen Arbeiter nachgezogen, sondern wickelt sich dasselbe auf der Welle auf, so wird das Tau an die Welle angenagelt und diese darf dann keine conische Gestalt haben, sondern muß cylindrisch sein, wodurch man noch den Vortheil erreicht, daß der nöthige Druck gegen die Durchsteckarme viel gleichmäßiger ist.

Wie schon oben erwähnt, wird beim Gebrauch der Winde zum Fortschaffen großer Lasten dieselbe durch vorgeschlagene Pfähle gehalten. Zuweilen aber genügt dies nicht und man muß alsdann durch eine Kette, die um den hintersten Riegel geschlungen ist, die Winde an einem anderen Gegenstande, als an einem Baume oder auch wohl an einem eingegrabenen schweren Schiffsanker und dergleichen befestigen.

Ist die Last auf größere Entfernungen fortzuschaffen, so wird die Entfernung in mehrere Stationen eingetheilt und auf jeder Station das obige Verfahren in Betreff der Befestigung der Winde wiederholt. Zur größern Bequemlichkeit kann man aber die Erdwinde dann auf Räder oder Rollen stellen, wodurch der Transport derselben bedeutend erleichtert wird.

Eine andere Art Winde mit einer horizontalen Welle, die mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt wird, ist die sogenannte englische Winde, s. Fig. 85, Tafel 8.

Diese Winde besteht aus zwei gußeisernen Gestellrahmen n, die mittelst vier runder Stäbe a, a von Schmiedeeisen verbunden sind. In diesen Gestellrahmen ist eine eiserne Welle k befindlich, um welche eine hölzerne Trommel F befestigt ist, worauf sich das Seil windet. An dem einen Ende der eisernen Welle ist das gußeiserne Stirnrad e, e angegossen. In dieses Stirnrad greift ein Drehling d, dessen Spindel b in den Gestellrahmen ebenfalls befindlich ist und durch die zu beiden Seiten angebrachten Kurbeln c, c bewegt wird. Die hölzerne Trommel hat gewöhnlich einen Durchmesser von 12 Zoll, das Stirnrad 56 oder 58 Zähne, der Drehling 8 Zähne und die Kurbel 18 Zoll im Halbmesser; es verhält sich sonach die Kraft zur Last, wie $6.8:18.56=1:21$; mit Rücksicht auf Reibung wird daher ein Arbeiter beiläufig eine 19mal größere Last, als seine angewandte Kraft beträgt, mit einer solchen Winde heben können.

Eine solche Winde erhält gewöhnlich die Einrichtung, daß man den Drehling ausrücken kann. Es ist dann der Ausrückhebel g an einem der beiden Stäbe a, welche die Gestellrahmen oben verbinden, mittelst einer Schraube befestigt, zu welchem Ende der Stab an dieser Stelle eine viereckige Form erhält. Der Ausrückhebel umschließt die Spindel b des Drehlings und hat an seinem andern Ende eine Handhabe, mittelst welcher er bewegt und dadurch entweder der Eingriff beider Räder hergestellt oder aufgehoben wird. Die Spindel erhält zu beiden Seiten des Ausrückhebels einen Ansatzring.

Bei einer solchen Windevorrichtung ist es ferner aber auch nöthig, die aufgezogene Last in jeder beliebigen Höhe festhalten zu können und hierzu dient die Bremse. An der hölzernen Welle und zwar auf der entgegengesetzten Seite des Stirnrades ist eine gußeiserne Scheibe mittelst dreier Schrauben angeschraubt. Diese Schraube ist mit einem Falz versehen, welcher zur Aufnahme

der Bremsschienen h dient. Die Bremsschienen sind unterhalb mittelst eines Charniers verbunden und der Dorn ist in dem einen Gestellrahmen befestigt; ferner sind dieselben oberhalb mit dem Bremshebel i verbunden, durch dessen Herunterdrücken die Schienen sich dicht anlegen und somit eine Reibung bewirken, die nach Maßgabe des bei i angebrachten Druckes wächst und hinreichend ist, die aufgezogene Last in jeder Höhe zu erhalten.

Um einen regelmäßigeren Gang der Maschine zu bewirken, ist noch ein Schwungrad m angeordnet, welches an der Spindel b des Drehlings befestigt ist. An dem einen Arme des Schwungrades ist der Kurbelarm angebracht.

§. 78. Von den zusammengesetzten Hebemaschinen.

Die einfachsten Gestelle, deren man sich bei Hebemaschinen bedient, sind die sogenannten Scheerentackel, Fig. 103.

Man bindet drei starke Holzstangen am oberen Ende zusammen und zieht die unteren Enden derselben aus einander, so daß sie einen dreibeinigen Bock bilden. Man hängt alsdann eine Rolle oder die obere Flasche in demselben auf und zieht damit die Lasten in die Höhe. Dieser Scheerentackel bedient man sich gewöhnlich da, wo man einer solchen Hebevorrichtung schnell bedarf; man kann dieselben aber nur gebrauchen, wenn nicht sehr bedeutende Lasten und diese nicht sehr hoch zu heben sind. Der Flaschenzug oder auch das um die Rolle geführte Tau in einem solchen Scheerentackel läßt sich auch sehr gut mit einer Erdwinde in Verbindung setzen, indem man am unteren Ende der einen Stange eine feste Rolle befestigt, über welche das Tau läuft und wodurch die verticale Richtung desselben in eine horizontale umgeändert wird.

Eine andere Vorrichtung, welche wegen des geringen Raumes, den sie einnimmt, vorzüglich zur Aufrichtung der Lehrgerüste und zum Heben von Zimmerhölzern brauchbar ist, ist der sogenannte Richtbaum, Fig. 238. Der Richtbaum, welcher eine Länge von 35 bis 50 Fuß bei einer angemessenen Stärke hat, wird entweder in den Boden um 4 bis 5 Fuß tief eingegraben und mit anderen daran lehnenden Gerüsten verbunden, oder er wird in eine Schwelle B verzapft. In diesem Falle halten ihn bei A vier Spann- oder Kopftaue in der senkrechten Stellung. Am oberen Ende wird ein kurzer Querriegel angenagelt, welcher verhindert, daß der Kranz, woran die obere Flasche hängt, nicht abrutschen kann. Am unteren Ende ist eine feste Rolle angebracht, über welche das Tau läuft. Dasselbe wird entweder durch eine Erdwinde oder auch durch vorgespannte Pferde angezogen.

Ein sehr brauchbares und leicht darzustellendes Hebezeug ist der sogenannte Ladebaum, Fig. 239. Derselbe besteht aus einem schräg gestellten Baume, der am oberen Ende einen Flaschenzug trägt und wird gewöhnlich von einem anderen senkrecht eingegrabenen und gehörig befestigten Baume gehalten. Es läßt sich hierbei leicht die Einrichtung treffen, daß der schräg gestellte Baum mit der daran hängenden Last sich im Kreise bewegen läßt, indem man ihn unten mit einem starken eisernen Ringe in Verbindung bringt, der um den senkrechten Baum herumgelegt ist. Ferner läßt sich sehr leicht die Anordnung

treffen, daß man den schrägen Baum beliebig schräger oder steiler stellen kann, was für die Arbeit sehr bequem ist, indem es dann möglich wird, die gehobene Last über jeden beliebigen Punkt der vom Ladebaume umfaßten Fläche zu bringen. Dies geschieht dadurch, daß man den Ladebaum durch ein Charnier mit einem senkrechten Zapfen verbindet, der in dem oben erwähnten Ringe befestigt ist. Es werden dann zwei Flaschenzüge erforderlich; der eine zum Heben der Last und der andere zu dem Zwecke, um den Ladebaum dem senkrechten Baume beliebig nähern zu können. Der senkrechte Baum muß durch Kopftaue gehörig befestigt werden, damit er nicht durch die an dem Ladebaume zu hebende Last zum Ausweichen gebracht wird. Das andere Ende des Taues des zum Heben der Last bestimmten Flaschenzuges wird über eine am unteren Ende des Baumes befestigte Rolle geführt und durch eine Erdwinde angezogen.

Eine andere Vorrichtung, die sehr häufig und besonders in Frankreich zum Heben von Lasten benutzt wird, ist der zweibeinige Bock, Fig. 240. Die beiden Bäume, woraus dieser Bock besteht, sind durch eingesetzte Riegel und sonstige Eisenverbindungen gehörig mit einander verbunden. Ferner ist gewöhnlich gleichzeitig die Windevorrichtung daran befestigt, welche meistentheils nur in einer einfachen horizontalen Welle besteht, die durch eingesteckte Hebel gedreht wird. Diese Hebel dienen dabei zugleich als Sperrhaken, indem man sie gegen den oberhalb der Winde befindlichen Riegel lehnt. Die Scheibe, über welche das Tau geführt wird, ist zwischen den beiden Bäumen, wo dieselben zusammenstoßen, eingelassen. Die unteren Enden der Bäume, welche den Fuß des Bockes bilden, werden mit eisernen Spitzen versehen, damit sie bei ihrer schrägen Stellung nicht leicht ausgleiten können und man legt dann gewöhnlich Bohlen unter, um das Einsinken in den Boden zu verhindern. Dieser Bock wird durch Kopftaue an den Boden befestigt; es ist jedoch hierbei zu bemerken, daß man den Bock nicht mehr senkrecht stellen darf, weil sonst die Gefahr eintreten kann, daß er rückwärts umschlägt, weshalb es rathsam ist, denselben mit doppelten Kopftauen zu versehen, wodurch er dann sowohl vorn als hinten gehalten wird. Statt der Kopftaue kann man auch zur Unterstützung des Bockes einen dritten Baum anbringen, so daß derselbe dann ein dreibeiniger Bock wird, in welcher Gestalt er sehr häufige Anwendung findet.

Man kann auch zwei Böcke, wie der in der vorigen Figur beschriebene, gegen einander stellen, wie dies in Fig. 241 näher dargestellt ist, wo dann ein solcher Bock ein doppelter Hebebock heißt. Man kann hier beide Windevorrichtungen zugleich benutzen lassen, namentlich wenn man die oberen horizontalen Zangenhölzer nicht zu kurz nimmt, durch welche Anordnung in manchen Fällen die Arbeit sehr beschleunigt werden kann.

In Fig. 242 ist ein Richtbaum dargestellt, wie ihn Perronet mehrfach zum Aufstellen der Gerüste und zum Versetzen der Steine benutzt hat. Derselbe hat eine Höhe von 54 bis 55 Fuß und ist in eine Schwelle eingezapft. Ferner sind an beiden Seiten Stützbänder (Stützstreben) angebracht, welche ebenfalls in die Schwelle eingezapft sind; an ihrem oberen Ende sind sie mit einer Versatzung in den Richtbaum eingezapft und durch umgelegte Schraubenbänder mit demselben fest verbunden. An der Rückseite sind auf den Richtbaum

Sprossen festgenagelt, um denselben bequem besteigen zu können. Die Stützbäume sind mit dem Richtbaume außerdem noch durch eingesetzte Riegel verbunden. Unten sind vier Haspelstützen angebracht, in welche Haspeln eingelegt werden, wodurch die Seile der Flaschenzüge angezogen werden. An der Spitze wird ein solcher Richtbaum durch starke Kopftaue gehörig am Boden befestigt.

Ferner werden sehr häufig zum Versetzen von Werkstücken, so wie auch zum Heben von Lasten die sogenannten Krahne (Kraniche) benutzt. Mittelst dieser Maschinen können Lasten auf eine bestimmte Höhe aufgezogen und wenn sie aufgezogen sind auf einen andern Ort versetzt werden, so daß diese Maschinen demnach eine doppelte Bewegung haben. Ein Krahn besteht aus einem Ständer (Spindel oder verticalstehendem Cylinder), welcher oben und unten in eisernen Pfannen ruht, oder auch blos an seinem unteren Theile in der verticalen Stellung erhalten wird. An diesem Ständer ist ein herausliegender Balken befestigt, der der Festigkeit wegen mit einer oder mehreren Streben unterstützt wird. Am äußeren Ende dieses Balkens ist eine Rolle angebracht, worüber das Seil oder die Kette geht, woran die Last hängt. Dieses Seil oder die Kette wickelt sich sodann um eine Rolle, die bei kleineren Lasten unmittelbar mit einer Kurbel bewegt wird, bei großen Lasten dagegen mit einem Vorgelege versehen ist.

Ein sehr einfacher Krahn, der häufig in den englischen Steinbrüchen zum Heben der Steine benutzt wird, ist in Fig. 243 dargestellt. Die Säule AB, welche eine Höhe von 18 Fuß und eine Stärke von 1 Fuß im Quadrat hat, steht unten in einem gußeisernen Zapfenlager, dagegen wird sie an ihrem oberen Zapfen B durch zwei Streben festgehalten, die bei C in der Erde gut verankert sind. Der herausliegende Balken oder Krahnarm DE hat eine Länge von 12 Fuß und eine Stärke von 9 Zoll im Quadrat. Derselbe wird durch die Strebe GF in seiner Lage gehalten. An den Ständer AB sind zu beiden Seiten Holzstücke a und an dieselben Gußeisenplatten mittelst durchgehender Schraubenbolzen befestigt. An diesen Platten ist wieder eine Trommel angebracht die bei geringeren Lasten mittelst einer Kurbel befestigt wird. Das Seil, woran die Last hängt, geht über die Rolle bei E und wickelt sich beim Umdrehen der Kurbel auf die Trommel. Ist dagegen ein solcher Krahn dazu bestimmt, schwerere Lasten aufzuziehen, so ist man genöthigt, das Getriebe mit einem Vorgelege zu versehen. Ist die Last aufgezogen, so wird der Krahn sammt derselben so weit herumgedreht, bis die Last sich lothrecht über der Stelle befindet, wo sie wieder abgesetzt werden soll.

Ein anderer sehr brauchbarer Krahn, der häufig vorkommt, dessen Aufstellung jedoch schon besonderer Einrichtungen bedarf, indem der untere Theil der Spindel in der Kaimauer eingelassen sein und in einer Pfanne aufstehen muß, ist in Fig. 244 dargestellt. Die Spindel wird hier in ihrer Mitte durch ein gutschließendes Halsband umfaßt. Außerdem erhält der Krahn noch eine tüchtige Unterstützung durch das gußeiserne Rad, welches mit den beiden unteren horizontalen Hölzern verbunden und auf einer horizontalen kreisförmigen in der Deckschicht eingelassenen Eisenbahn sich bewegt. Am hinteren Ende des Krahns befindet sich die Winde nebst Rad und Getriebe, von welchen letzteres mittelst zweier Kurbeln gedreht wird. Der Krahnbalken ist hier durch eine Strebe unter-

stützt, die am unteren Ende mit den obengenannten horizontalen Hölzern verbunden ist. Ein großer Vortheil, den dieser Krahn gewährt, ist, daß derselbe mit der aufgezogenen Last im ganzen Kreise gewendet werden kann.

Früher brachte man statt der Winde mit einer Kurbel bei den Krahnen sehr häufig das Tretrad an. Eine solche Einrichtung hat aber immer den Nachtheil, daß beim Herunterlassen der Last bei einiger Unachtsamkeit sehr leicht Gefahr eintreten kann, weshalb man in neuerer Zeit die Krahne stets ohne Tretrad anordnet. Ein anderer Umstand, weshalb man diese Anordnung nicht mehr wählt, ist der, daß dieselbe zum Aufstellen zu viel Raum erfordert. Man versieht bei Anordnung eines Tretrades den Krahn zwar auch mit einem Sperrrade, allein es ist immer weitläufig und zeitraubend für die Arbeit, wenn der Arbeiter erst vom Tretrade heruntersteigen muß, um die Absperrung vorzunehmen.

Ein sehr einfacher Krahn, welcher bei der London-Birminghamer Eisenbahn benutzt wurde, ist in Fig. 245 dargestellt. Der mittlere Krahnpfosten besteht aus einem 14 Zoll im Quadrat starken und 50 Fuß langen Balken, dessen unterer Zapfen sich in der auf einem festen Schwellgerüste angebrachten Pfanne dreht; der obere aber dreht sich in einer eisernen Hülse, welche durch drei lange am Boden befestigte Ketten gehalten wird. Am Fuße des Krahnpfostens sind Kreuzschwellen an demselben befestigt und über diese ein Boden von $2\frac{1}{2}$zölligen Bohlen gestreckt, der zur Aufstellung und Handhabung von zwei eisernen Winden dient. Außerdem wird der Krahnpfosten noch durch Strebebänder mit den Schwellen des Bodens verbunden, wodurch dann die letzteren an ihren Enden noch unterstützt werden. In geringer Höhe über der Dielung ist ein festes Zapfenlager für den Ausleger angebracht und das obere Ende durch ein System von Rollen (Fig. 245 A) mit dem Krahnpfosten und der hinteren Winde in Verbindung gesetzt, während die vordere Winde nur zum Aufziehen der Last dient. Fig. 245 B zeigt die Construction des Zapfenlagers für den Ausleger und die Schwellgerüste.

Dieser Krahn hat die Einrichtung, daß er im ganzen Kreise gedreht werden kann, indem der Pfosten am unteren und oberen Ende in Zapfenlagern läuft und es wird sonach nicht der Ausleger, sondern der ganze Krahn mit dem Boden und der Windevorrichtung gedreht, was um so viel besser ist, indem sonst bei alleiniger Drehung des Auslegers der untere Zapfen desselben zu sehr leiden würde und sehr leicht schadhaft werden könnte.

Zum Heben der Lasten bedient man sich aber nicht allein der festen Krahne und der bisher beschriebenen Hebemaschinen, sondern auch solcher, mittelst welcher man die einmal gehobene Last auf größere Strecken, wie dies mit den bisherigen Hebemaschinen geschehen kann, nach horizontaler Richtung fortbewegt. Hierzu gehört aber allemal ein eigenes Gerüst oder Schwellwerk, auf welchem die Hebemaschine fortgezogen wird. Einige dieser Vorrichtungen sollen hier näher beschrieben werden.

Fig. 248 zeigt das Gerüst mit der Windevorrichtung, dessen man sich beim Bau der Brücke von Cubzac über die Dordogne zum Ausladen des Baumaterials bediente. Auf dem Gerüst war ein auf einem Wagen stehender

Hornhaspel zum Aufziehen der Materialien angebracht. Der Wagen stand auf einer Schienenbahn und wurde, sobald die Last aufgezogen war, mit derselben so weit zurückgeschoben, bis sich diese über einem Wagen befand, auf dem sie abgesetzt und demnächst weiter geschafft wurde. Dieser untere Wagen stand ebenfalls, des leichteren Transports wegen, auf einer Schienenbahn. Einer weiteren Erklärung dieser Figur bedarf es nicht.

Fig. 247 zeigt einen transportabeln Krahn im Aufriß und im Grundriß, dessen sich Telford beim Bau des Hafendammes zu Aberdeen bediente und zwar bezeichnet a die Ansicht von vorn, b die von der Seite und c den Grundriß. Derselbe hatte zwei Ausleger und ruhte auf vier kleinen Rädern, die theils unter der vorderen und theils unter der hinteren Schwelle angebracht waren und sich auf horizontalen hölzernen Unterlagen bewegten, so daß der Krahn mit der daran aufgezogenen Last nach dieser Richtung hin fortgeschoben werden konnte. An den senkrecht stehenden Ständern, an denen die Ausleger befestigt waren, befand sich die Windevorrichtung. Die äußerste Scheibe am Ausleger hatte kein festes, sondern ein bewegliches Lager. Dieselbe lief nämlich nicht in Pfannen, die unmittelbar am Ausleger befestigt waren, sondern dieselben waren an einer gußeisernen Platte angebracht, welche mittelst zweier Rollen auf der geneigten Oberfläche des Auslegers sich leicht bewegen ließ. Um aber zu verhindern, daß sie sich der verticalen Drehachse näherten, war am Ende des Auslegers eine zweite feste Rolle angebracht, um welche ein Tau geschlungen wurde, welches die erwähnte gußeiserne Platte nebst der ersten Scheibe hielt. Das andere Ende des Taues wurde herabgezogen und am Fuße des Ständers befestigt; es ließ sich sonach die obere Scheibe durch diese Vorrichtung der verticalen Drehachse beliebig nähern oder von derselben entfernen. Um endlich ein Umfallen des Krahns zu verhindern, wenn gerade schwere Steine im Ausleger hingen, wurde derselbe an seinem hinteren Ende stark beschwert.

Fig. 248 A und B zeigt einen transportabeln Krahn in der Seitenansicht und im Grundriß, mit nur einem Ausleger. Der verticale Ständer, woran der Ausleger befestigt ist, steht mit einem Zapfen in einem auf dem Wagen befestigten Pfannenlager; oben hat derselbe ebenfalls einen Zapfen, welcher in einer eisernen Platte läuft, die mit der hinteren Verstrebung verbunden ist. Diese Strebe ruht in ihrer Mitte auf einem Bock, auf dessen Rahmen sie festgebolzt ist. Der verticale Ständer, woran der Ausleger befindlich, ist sonach auch drehbar und man kann die aufgezogene Last mittelst dieses Krahns auch in einer Kreislinie horizontal bewegen. Bei größeren Lasten muß übrigens der untere Wagen an seinem Hintertheile ebenfalls belastet werden, weil er sonst durch die Last leicht nach vorn hinübergezogen werden würde.

Wenngleich auch durch diese zuletzt beschriebenen Vorrichtungen die aufgezogene Last nach horizontaler Richtung fortbewegt werden kann, so eignen sich dieselben dennoch nicht zu denjenigen Arbeiten, die zu ihrer Ausführung Gerüste nöthig haben. Diese müßten unnöthig stark gemacht werden, einmal um die aufzuziehende Last zu tragen, anderntheils aber auch um diejenige Last zu unterstützen, womit der Wagen des Krahns beschwert werden muß, um nicht

überzustürzen. Man wählt daher in solchen Fällen, wie namentlich auch bei Ausführung von Brückenpfeilern, eine solche Anordnung, wo das Hebezeug sowohl nach der Länge als auch nach der Breite verschoben werden kann und der Druck der zu hebenden Last nur unmittelbar nach verticaler Richtung auf das darunter befindliche Gerüst wirkt, so daß also zur Erhaltung des Hebezeugs selbst keine weitere Last erforderlich ist, mithin auch keinerlei Seitendruck stattfindet.

Man wendet zu diesem Zwecke eine steife horizontale Bahn an, die an beiden Enden gehörig unterstützt ist; auf dieser Bahn läßt sich die Windevorrichtung leicht hin und her bewegen, indem der Rahmen, worauf dieselbe befestigt ist, mit Rollen versehen wird; um aber die Windevorrichtung auch nach einer zweiten Richtung hin bewegen zu können, wird die ganze Bahn an ihren Enden, wo sie auf den Unterstützungen ruht, wieder mit Rädern versehen, so daß sie sich auf einer zweiten Bahn bewegen läßt, deren Richtung diejenige der ersten kreuzt. Hierdurch ist man dann im Stande, die aufgezogene Last nach jeder beliebigen, innerhalb der Rüstung liegenden Stelle hinbringen zu können. Diese Vorrichtungen, obgleich ihre erste Anlage ziemlich kostbar ist, finden bei größeren Bauten immer mehr Anwendung und die Vortheile, die dadurch erlangt werden und die hauptsächlich darin bestehen, daß man mit denselben die Arbeit schneller und mit mehr Sorgfalt ausführen kann, sind zu überwiegend, als daß der Kostenpunkt dabei so sehr in Betracht kommen könnte.

In Fig. 249 a, b, c, ist ein solches Hebezeug in der Seiten- und Vorderansicht und im Grundriß dargestellt. Zur Bewegung der Bahn ist an den Enden derselben ein Getriebe angeordnet, welches durch eine Kurbel gedreht wird und in ein größeres gezahntes Rad eingreift, welches mit einem der Räder unter dieser Bahn verbunden ist. Eine gleiche Anordnung ist auch an dem Wagen, worauf die Windevorrichtung angebracht ist. Hierdurch wird die Fortbewegung nach einer oder der anderen Richtung sehr erleichtert und man ist mit leichter Mühe im Stande, den aufgezogenen Stein genau an die Stelle zu bringen, wohin er gelegt oder vermauert werden soll. Wollte man dagegen die Fortbewegung durch angebrachte Hebelarme bewirken, so würde die Arbeit dadurch nicht allein sehr erschwert werden, sondern es würden dazu ebenfalls auch besondere Vorrichtungen hergestellt werden müssen. Der Boden, worauf die Winde steht, ist nach beiden Seiten hin so viel verbreitert, als erforderlich ist, damit die Arbeiter die Winde gehörig in Bewegung setzen können. Eine weitere Beschreibung dieser Anordnung ist nicht erforderlich, da dieselbe sich genügend aus der Zeichnung ergiebt.

Die Rüstung zu einer solchen Windevorrichtung macht man gewöhnlich recht hoch, damit die feste Bahn recht hoch heraufgebracht werden kann, indem dadurch die zu bewegende Masse der zweiten oder unteren Bahn vermindert wird. Daß diese Rüstung gehörig festgemacht werden muß, versteht sich von selbst; gleichzeitig muß aber auch die feste Bahn so stark werden, daß ein Durchbiegen derselben durch die aufgehobene Last verhindert werde. Ist nun die Länge der Bahn beträchtlich, so nimmt man dazu verzahnte Balken, oder auch, man unterstützt sie durch eine unterhalb angebrachte eiserne Armirung,

wie diese in Fig. a angedeutet ist. Um ferner aber Seitenschwingungen, so wie auch ein Ausbiegen der Bahn nach den Seiten hin zu verhindern, werden horizontale Streben angeordnet, wie dies aus Fig. c näher hervorgeht.

Fig. 250 a und b zeigt eine andere einfachere Anordnung in der Seiten- und Vorderansicht, die sowohl bei Bauausführungen als auch zu anderen Zwecken mehrfach benutzt wird. Die untere Bahn liegt hier auf ebener Erde oder auf einer festen Rüstung; die obere dagegen ruht auf einem hohen Bocke, der von vier Rädern getragen wird, von denen zwei mittelst angegossener gezahnter Räder und Getriebe bewegt werden. An jeder Seite des Bockes ist eine Windevorrichtung angebracht, mittelst deren die Last gehoben, aber auch gleichzeitig der Wagen auf der oberen Bahn verstellt wird. Dieser Wagen besteht aus zwei mit einander verbundenen Achsen, worauf vier Räder fest aufgesteckt sind, die den Wagen tragen, so daß bei einer fortgehenden Bewegung die Räder mit der Achse sich drehen. In der Mitte jeder Achse befindet sich noch eine Scheibe, die sich frei dreht. Diese Anordnung zeigt Fig. 250 c. Von jeder Winde geht eine Kette oder ein starkes Windetau über eine am Ende der oberen Bahn befindliche Leitrolle nach der nächsten Mittelscheibe auf dem Wagen und von da nach der zu hebenden Last. Werden nun beide Winden gleichzeitig gedreht, so daß sich das Tau gleichmäßig aufdreht, so wird die Last nur gehoben, ohne daß der Wagen seine Stellung verändert. Steht dagegen die eine Winde fest und wird die andere angezogen, so bewegt sich der Wagen nach der Seite hin, wo die Winde angezogen wird; gleichzeitig wird aber auch die Last gehoben und sonach kann man die Last durch die passende Drehung der Kurbeln willkürlich heben und senken oder rechts und links bewegen.

Sollen die aufgezogenen Werkstücke sofort auf das vorbereitete Mörtelbett niedergelassen werden und somit gleich ihre richtige Lage erhalten, so muß man die Anordnung so treffen, daß die Steine mit dem Hebezeuge so gefaßt werden, daß ein nachheriger Heben oder Aufwuchten mit Brechstangen zur Losmachung desselben nicht mehr erforderlich ist. Dies würde aber nicht der Fall sein, wenn man die Werkstücke mit einer Stroppe oder mit einem Kranztau umschlänge, indem dann beim Niederlassen der Stein auf dem Tau stehen bleiben würde und man daher denselben erst mit Brechstangen wieder heben müßte, um das Tau herauszuziehen zu können. Da dies aber immer mit Umständen verbunden ist, so sind diejenigen Einrichtungen vortheilhafter, wobei man die ganze Operation des Versetzens mit dem Hebezeuge ausführen und somit den Stein ohne Nachhülfe auf das Mörtelbett versetzen kann. Man bedient sich nun hierzu der sogenannten Steinklaue oder auch Scheere, welche den Stein nur in seiner Oberfläche faßt. Damit dieselbe aber den Stein gehörig hält und derselbe auch gleich diejenige Lage annimmt, in welcher er versetzt werden soll, muß sie an der passenden Stelle angebracht sein und zwar so, daß die Verbindungslinie zwischen dem Aufhängepunkte und dem Schwerpunkte des Steins in die Richtung des Loths fällt.

Das Loch, in welches die Steinklaue eingreift, muß je nach der Beschaffenheit und der Schwere der Steine eine Tiefe von 6 bis 9 Zoll erhalten, weil sonst die Ränder zu leicht ausspringen. Die schrägen Flächen in dem Loche,

gegen welche die Backen der Klaue sich lehnen, müssen möglichst eben ausgearbeitet werden, damit nicht einzelne hervorstehende Theile einen stärkeren Druck erleiden, wodurch ein Ausspringen des Steins um so leichter würde herbeigeführt werden können. Finden sich aber dennoch Unebenheiten an den inneren Flächen vor, so ist es sehr zweckmäßig, daß man, nachdem die Klaue eingesetzt ist, feinen ganz trockenen Sand hineinschüttet, wodurch alle Zwischenräume ausgefüllt werden, so daß dann die vollen Flächen zum Tragen kommen.

Man hat die Steinklauen verschieden construirt und es sollen die gebräuchlichsten hier näher angeführt werden.

Fig. 251 zeigt eine einfache Steinklaue, die nicht selten bei solchen Arbeiten, wo Steine unter Wasser versetzt werden müssen, Anwendung findet. Dieselbe besteht aus zwei Stücken, nämlich einem keilförmigen und einem prismatischen. Das keilförmige Stück hängt an einer Kette, oder an einem durch einen daran befestigten Ring durchzogenen Taue, welches dann mit dem Hebezeuge verbunden ist. Dieses Stück wird zuerst in das Loch eingesetzt und darauf das prismatische Stück daneben eingeschoben. Das Loch erhält daher nur eine schräge Fläche, gegen welche sich der Keil beim Anziehen der Kette oder des Taues scharf lehnt, so daß dadurch der Stein gehoben werden kann. Hat dann der Stein seine richtige Stellung erhalten, so wird das prismatische Stück oder der Schlüssel wieder herausgezogen, worauf dann auch leicht der Keil sich entfernen läßt. Geschieht das Versetzen der Steine mittelst dieser Steinklaue unter Wasser, so wird an dem Schlüssel eine Leine befestigt, die man stark anzieht, sobald der Stein auf der passenden Stelle versetzt ist, wodurch der Schlüssel herausgezogen und so der Keil gelöst wird.

Fig. 252 zeigt eine andere Steinklaue, die bei den gewöhnlichen Arbeiten noch häufiger angewendet wird, als jene. Dieselbe besteht aus einem Keil und zwei Schlüsseln, die durch einen darüber geschobenen Steg zusammengehalten werden. Das Loch erhält hier zwei schräge Flächen. Der Keil wird zuerst in das Loch eingesetzt und darauf zu beiden Seiten die Schlüssel, welche eine etwas bogenförmige Gestalt erhalten, in den Steg und in das Loch eingeschoben. Dieser Steg besteht aus einem länglich viereckigen eisernen Ringe. An dem Keil, woran ein Ring befindlich ist, wird die Kette befestigt, die mit dem Hebezeuge verbunden ist. Durch Anziehen der Kette drängt der mittlere Keil die beiden Schlüssel gegen die schrägen Flächen des Loches und dadurch wird dann der Stein gehoben. Soll nun, nachdem der Stein an die passende Stelle versetzt ist, die Steinklaue wieder gelöst werden, so zieht man zuerst die beiden Schlüssel wieder heraus und darauf den Keil. Die obere Weite des Loches darf hier nicht zu groß gemacht werden, weil sonst der Keil zu weit herausgezogen werden und zu sehr gegen die oberen Kanten des Loches drücken würde.

Eine andere, der eben erwähnten sehr ähnliche Steinklaue ist in Fig. 253 dargestellt. Dieselbe besteht aus zwei keilförmigen Stücken und einem prismatischen Stücke, welches zwischen beide Keile gesteckt wird. Nachdem diese drei Theile eingestellt sind, wird der Bügel darüber gelegt, woran die Kette des Hebezeugs befestigt wird. Der Bügel wird mit den drei erwähnten Stücken

mittelst eines Durchsteckbolzens verbunden, der, um das Herausfallen zu verhüten, noch mit einem Splinte versehen wird.

Es giebt zwar noch verschiedene Steinklauen, die aber hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit den erwähnten bedeutend nachstehen, weshalb wir dieselben hier auch nicht weiter anführen wollen.

Bei Anwendung der beschriebenen, so wie überhaupt aller Steinklauen, ist man gezwungen, zum Einsetzen derselben in der Oberfläche des Steines ein Loch einzuhauen. Bei den unteren Schichten des Mauerwerks kann dies ganz ohne Nachtheil geschehen, dagegen vermeidet man in der oberen Steinschicht oder der Deckschicht des besseren Ansehens wegen die Anbringung solcher Löcher, indem sie sich immer wieder leicht zu erkennen geben, wenn sie auch vorsichtig mit Mörtel ausgefüllt werden. In diesem Falle muß man daher schon die Stroppe anwenden, oder, was übrigens nicht unbedeutende Zurüstungen erfordert, man bearbeitet die hierzu bestimmten Steine in der Art, wie in Fig. 254 dargestellt ist. Es werden nämlich an denjenigen gegenüberstehenden Seiten des Steines, welche quer gegen die Richtung der Mauer treffen, prismatische Nischen, deren Basis ein gleichschenkeliges rechtwinkeliges Dreieck bildet, eingehauen. Ferner wird über dem Boden dieser Nischen und jedenfalls über dem Schwerpunkte des Steines in der Längenrichtung der Mauer ein Loch von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und circa 2 bis 3 Zoll Tiefe gebohrt und in dieses jedesmal ein passender Bolzen gesteckt. An der Kette oder dem Taue des Hebezeuges ist dann ein Koppelhaken befestigt, dessen beide Enden gleiche Länge haben und an ihren Enden mit passenden Ringen versehen sind, die auf die vorstehenden Enden der Bolzen aufgeschoben werden. Alle zu versetzenden Steine sind dann mit solchen gleichen Nischen zu versehen, so daß sie sich zu quadratischen Räumen ergänzen, wodurch es dann auch möglich wird, die erwähnten Bolzen wieder herauszunehmen. Diese so entstandenen Räume werden nachdem mit passend zugehauenen Steinwürfeln ausgefüllt und dienen dann als Dübel, wodurch ein guter Verband zwischen den einzelnen Steinen jedenfalls erhalten wird.

Anhang.

§. 79. Vom Erdtransport.

Da, wie schon in §. 46 erwähnt wurde, die Erde, sobald sie ausgegraben wird, immer eine gewisse Böschung annimmt und deshalb bei Darstellung einer Baugrube stets darauf Rücksicht zu nehmen ist, so folgt daraus, daß, um störenden Zwischenfällen vorzubeugen, die Baugrube immer in einer größeren Ausdehnung ausgehoben werden muß, als diejenige des aufzuführenden Bauwerks. Hierbei tritt aber dann nicht selten der Fall ein, daß sehr bedeutende Erdmassen auszufördern sind, wobei aber auch noch häufig der Umstand stattfindet, daß die ganze ausgegrabene Erdmasse nicht in der Nähe, sondern nach einem von der Baugrube entfernteren nicht so beschränkten Orte verfahren werden

muß. Dies geschieht nun entweder mittelst Handkarren oder Wagen, wo erstere durch Menschen gehandhabt, letztere aber durch Pferde gezogen werden. In beiden Fällen wendet man aber Vorrichtungen an, wodurch der Transport erleichtert wird; diese Vorrichtungen können dann für die ganze Dauer dieser Arbeit benutzt werden.

Dieselben bestehen nun, sobald die Erde in Karren transportirt wird, in einer Holzbahn, die aus starken Brettern hergestellt wird. Wird dagegen die Erde in Wagen transportirt, so empfiehlt sich hierbei ganz besonders eine leichte Eisenbahn, welche dann auch häufig noch zu anderen Zwecken mit großem Vortheil benutzt werden kann.

Wird die Erde in Schiebkarren nach einer anderen Stelle hin verfahren, so werden in möglichst gerader Richtung von der Baugrube ab nach dem Orte, wohin die Erde verfahren werden soll, die sogenannten Laufbretter gelegt. Dieselben werden gewöhnlich platt auf den Boden gelegt, nachdem dieser vorher etwas abgeebnet ist; kommen aber in dieser Richtung Vertiefungen vor, so werden die Laufbretter auf starke Rüstböcke befestigt, die eine solche Höhe haben, daß die Oberfläche der Laufbretter sich möglichst der Horizontale nähert. Es muß dann ferner die Laufbahn eine solche Breite erhalten, daß nicht allein die Arbeiter bequem darauf hingehen, sondern auch daß zwei Karren beim Begegnen bequem bei einander vorbei kommen können. Liegen dagegen die Laufbretter unmittelbar auf dem Boden, so werden zwei Reihen Bretter in solcher Entfernung neben einander hingelegt, daß ein Ausweichen gar nicht nöthig ist. Zu dieser Entfernung genügen 4 Fuß vollständig. Auf der einen Laufbahn gehen dann die Arbeiter mit den vollen Karren und auf der anderen Bahn kehren sie mit den leeren Karren zurück.

Ist der Ort, wohin die Erde verfahren werden soll, mehrere hundert Fuß von der Baustelle entfernt, so wird diese Entfernung gewöhnlich in mehrere Abtheilungen eingetheilt. In jeder Abtheilung wird dann ein Arbeiter angestellt, welcher den vollen Karren bis zum nächsten Punkte bringt, wo dann ein anderer Arbeiter den vollen Karren wieder aufnimmt und weiter fördert, dagegen den zurückgebrachten leeren Karren an den ersteren Arbeiter wieder abgiebt, welcher denselben zurückführt. Diese Abtheilungen dürfen aber nicht unter 80 Fuß betragen, weil sonst durch das viele Absetzen und Wiederaufnehmen der vollen und leeren Karren ein sehr bedeutender Zeitverlust entsteht. Es ist daher eben so zweckmäßig, wenn man gar keine Zwischenstationen macht, sondern sämmtliche Arbeiter mit den vollen Karren ganz bis zum Ablagerungsplatze gehen und mit den leeren Karren wieder bis zur Baustelle zurückkehren läßt. Vortheilhaft ist es dann, wenn man unmittelbar in der Baugrube die Laufbahn in zwei Zweige auslaufen läßt, damit die leeren Karren auf der Bahn bleiben können und nicht immer erst jedesmal wieder aufgesetzt zu werden brauchen, was nothwendig wäre, wenn nur eine Bahn vorhanden ist. Es muß alsdann nur eine hinreichende Anzahl Arbeiter zum Einwerfen der Erde angestellt sein, damit hierdurch kein Aufenthalt verursacht werde. Eben so muß, wie sich auch von selbst versteht, die Anzahl der Karren mindestens doppelt so groß sein, als die der Arbeiter.

Beträgt aber die Entfernung des Orts, wohin die Erde verfahren werden soll, über 200 bis 400 Fuß, so ist es schon vortheilhafter, den Transport mit Wagen geschehen zu lassen, weil der Arbeiter zur Zurücklegung des Weges dann schon zu viel Zeit nöthig hat und das Quantum, welches er zur Zeit fortschafft, im Verhältniß zur Länge des Weges zu gering ist.

Es sollen nun zunächst die Schiebkarren oder Kumptkarren näher beschrieben werden. Man hat dieselben verschieden construirt, doch ist es bekannt, daß auf ihre Größe und Gestalt bei Ausführung von Erdarbeiten sehr viel ankommt und davon wesentlich das von dem mit dem Transporte beschäftigten Arbeiter zu erreichende Maximum der Leistung abhängt. In neuerer Zeit hat nun bei größeren Erdarbeiten, wie namentlich bei Eisenbahnarbeiten, der in Fig. 255 dargestellte Schiebkarren allgemeine Anwendung gefunden.

Dieser Schiebkarren besteht aus zwei hölzernen Seitenbäumen, welche an dem einen Ende die Handhaben, am anderen Ende aber die Zapfenlager für das Rad bilden. Am ersteren Ende stehen diese Seitenbäume $2^1/_3$ Fuß aus einander und nach dem Rade hin convergiren sie. In dieser Stellung werden sie durch drei hölzerne Querriegel festgehalten. Auf diesen Querriegeln ruhen die Bodenbretter; die Seitenwände stehen schräg und werden in dieser Ausladung durch die angeschraubten Winkelstücke a und b festgehalten, deren ersteres sich nach unten in den Fuß verlängert. Eine weitere Befestigung erhalten die Füße durch die eisernen Strebebänder c, welche das untere Ende der Füße umfassen und ferner an den Seitenbäumen angeschraubt sind. Die Vorder- und Hinterwand des Karrens haben ebenfalls eine bestimmte Ausladung; dieselben werden durch Winkel in ihrer Stellung erhalten, die an die Wände und an die Seitenbäume festgenagelt oder angeschraubt sind. Diese Karren gewähren durch die größere Kürze — denn der Kump liegt hier zum Theil noch über dem Rade — und durch die größere Entfernung der Handhaben, so wie durch die nach allen Seiten hin stattfindende Ausladung eine größere Leichtigkeit und Sicherheit der Handhabung, namentlich auch beim Ausladen, welches durch die schrägen Seitenflächen sehr erleichtert wird.

Die in der Figur angegebenen Abmessungen sind in preußischem Maße ausgedrückt.

Wird die Erde in Wagen transportirt, so empfiehlt sich, wie schon oben erwähnt wurde, zur Erleichterung des Transports vorzugsweise eine Eisenbahn. Denn brächte man keine Bahn an, so würde der Grund sehr bald durch das fortwährende Ueberfahren bedeutend erweicht und das Fortziehen der beladenen Wagen den Pferden zu sehr erschwert werden, als daß dieselben für die ganze Tageszeit mit der gehörigen Geschwindigkeit würden den Wagen fortziehen können. Eine Schwierigkeit zeigt sich aber bei Anlage einer Eisenbahn darin, daß ein regelmäßiger Betrieb bei nur einer Bahn sich nicht einrichten läßt, denn in diesem Falle müssen die Arbeiter, nachdem der Wagen beladen ist, so lange warten, bis derselbe wieder zurück ist. Dies findet aber nicht Statt, sobald man noch eine zweite Bahn anlegt. Eine Hauptbedingung dabei ist aber, daß die Eisenbahnen eine solche Einrichtung erhalten, daß sie leicht zu versetzen sind. Findet dies Statt, so kann man sie ohne große Schwierigkeit auf

Rüstungen sogar bis über das Wasser führen und somit auch den Transport nach Stellen hin beschaffen, wohin die Anlegung eines fahrbaren Weges mit vielen Schwierigkeiten und mit großem Kostenaufwande verbunden sein würde.

Was die Eisenbahnen betrifft, so hat man diese auf verschiedene Art ausgeführt, doch wollen wir uns darauf beschränken, hier diejenige Construction der Bahn zu beschreiben, welche der geh. Oberbaurath Hagen in seinem Handbuche der Wasserbaukunst, Band I., näher anführt. Die Bahn bestand aus einzelnen Rahmen, deren Langhölzer aus 40 Fuß langen kiefernen Balken hergestellt waren, die der Länge nach durchschnitten wurden. Die beiden Langhölzer eines jeden Rahmens waren durch vier Riegel und drei Schraubenbolzen fest mit einander verbunden. Die oberen Kanten der Langhölzer, die die Bahn bildeten, waren scharf gebrochen, um die schmale Fläche darzustellen, welche die eiserne Schiene trug. Von diesen Bahnen wurden nach Umständen zwei bis vier Stück zusammengesetzt. Aus Fig. 257 ist diese Construction noch näher zu ersehen. Es ist hier noch zu erwähnen, daß die eisernen Schienen, deren Anwendung nicht zu umgehen war, aus gewöhnlichem Bandeisen bestanden, dessen Breite 1 Zoll und die Stärke $\frac{1}{8}$ Zoll betrug.

Ferner aber kommt es auch, um den Transport zu erleichtern, auf die Bauart der Wagen an. Diese müssen bei möglichster Leichtigkeit dennoch sehr fest sein; eben so muß die Einrichtung derselben der Art sein, daß sie sich sehr leicht entleeren lassen; aber auch das Einladen darf nicht erschwert werden, weshalb sie nur eine geringe Höhe haben dürfen. Gleichzeitig müssen aber auch diese Wagen eine solche Einrichtung erhalten, daß sie sowohl zum Transport der Erde als auch zum Transport von Baumaterialien benutzt werden können.

In den folgenden Figuren sind nun ein paar solcher Wagen dargestellt, deren nähere Beschreibung hier folgen soll.

In Fig. 256 ist ein Erdtransportwagen dargestellt, dessen man sich auf der Taunusbahn bediente*). Fig. 256 A zeigt die Seitenansicht, B die Vorderansicht und C die Ansicht von oben eines solchen Transportwagens. Derselbe besteht aus dem durch zwei Langhölzer a, a von 8 Zoll Höhe und $3\frac{1}{2}$ Zoll Breite und drei eben so starken Querhölzern b, b, so wie aus den vier schwachen Eckstreben c, c gebildeten Rahmen, unter dem die vier gußeisernen Achsenlager d, d $\frac{1}{2}$ Zoll tief eingelassen und festgeschraubt sind; oben ist dieser Rahmen mit $1\frac{1}{2}$ Zoll dicken Dielen benagelt und an den beiden Langseiten sind zwei 15 Zoll hohe, 2 Zoll dicke Bretter f vermittelst daran befestigter Stollen g, g in angeschraubte eiserne Oesen, e, e, gesteckt, so wie an den beiden Endseiten zwei eben so hohe und dicke Bretter h hinter die eisernen Kloben i, i gestellt und durch die oben an g gelenkartig befestigten eisernen Haken k, k festgehalten werden, so daß sich jede Seite besonders abnehmen läßt und das Abladen, fast eben so schnell als durch Umkippen, blos durch Abschaufeln geschehen kann, indem sich ein paar Arbeiter oben darauf stellen und den Inhalt mit Schaufeln

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung.

herunterschieben. Das Vollladen dieser Wagen geschieht ebenfalls sehr leicht, indem dieselben nur eine geringe Höhe haben. Das Gewicht des Wagens ist nur gering und der Schwerpunkt liegt sehr niedrig, so daß zwei Männer ohne bedeutende Anstrengung diese Wagen beladen auf der Bahn fortschaffen, so wie auch leer ganz leicht aus der Bahn werfen können. Benutzt man Pferde zum Transportiren dieser Wagen, so werden eine Anzahl Wagen vermittelst der angeschraubten eisernen Kuppelungsöse l und Ketten an einander gehängt. Da aber hierbei die Langbalken a mit den Köpfen zusammenstoßen, so werden dieselben mit eisernen Bundringen m versehen.

Die eisernen Achsenlager haben oberhalb noch Einlagen von Rothguß p und unterhalb ein hölzernes Klötzchen q, das durch einen quer durchgehenden Schraubenbolzen in dem Gußeisen festgehalten wird und beim Ausheben des Wagens aus der Bahn das Herausfallen der Achsen verhindert. Diese Theile sind in Fig. 256 D näher dargestellt. Die an p angegossene Büchse r dient zur Aufnahme von Schmiere, die durch die in die Langbalken bei s schräg eingebohrten Löcher, welche durch einen hölzernen Zapfen geschlossen werden, eingegossen wird. Die Räder haben einen mittleren Durchmesser von $16\frac{1}{2}$ Zoll. Die Achsen sind von $2\frac{1}{4}$ Zoll dickem Rundeisen, an den Nabenhälsen auf 2 Zoll und in den Achsenschenkeln auf $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke abgedreht.

Soll ein solcher Wagen zum Steintransport benutzt werden, so kann man mit leichter Mühe die Bretter des Kastens entfernen.

In Fig. 257 A und B ist ein anderer Transportwagen in der Seiten- und in der Vorderansicht dargestellt, welcher bei den Hafenbauten in Pillau benutzt wurde*). Die Achsen bestanden aus Eisenstangen von quadratischem Querschnitt, die $1\frac{1}{2}$ Zoll breit und hoch waren. Dieselben hatten an ihren Enden, um welche sich die Räder drehten, einen Durchmesser von $1\frac{1}{4}$ Zoll. Diese Achsen waren in zwei Stücke Eichenholz von 4 Zoll Breite und Höhe eingelassen und zwei Zangen von denselben Dimensionen verbanden als Langbäume die ersteren vermittelst vier Schraubenbolzen mit einander, welche zugleich auch durch die Achsen hindurchgriffen. Die Spurweite betrug nur $2\frac{1}{2}$ Fuß. Der Kasten hatte die Gestalt eines Trichters und war aus einzölligen Brettern, die gegen innerhalb angebrachte Leisten genagelt waren, zusammengesetzt; am Boden hatte er eine Oeffnung, die mittelst einer beweglichen Klappe geschlossen werden konnte. Letztere wurde an der einen Seite durch zwei Charniere oder Bänder gehalten und die unteren Arme verlängerten sich bis auf die andere Seite, wo sie in Oesen ausgingen; hier waren Leinen angesteckt, womit man die Klappe heben und herablassen konnte. Diese Leinen gingen durch gehörig weite Einschnitte zwischen dem erwähnten Rahmen und dem Kasten hindurch und waren über zwei Klompen geführt, welche seitwärts auf den letzteren genagelt waren, wie dies auch aus der Zeichnung zu ersehen ist. Wenn dieser Wagen zum Transport von Steinen benutzt werden sollte, so wurde der Kasten entfernt und einige Unterlagen darauf gelegt und leicht befestigt.

Perronet bediente sich beim Brückenbau von Neuilly zum Transport der

*) Handbuch der Wasserbaukunst vom geh. Oberbaurath Hagen.

Erde eines Wagens, den er Camion prismatique nannte. Derselbe hatte nur zwei Räder, war also ein zweiräderiger Karren und auf der Achse hing ein prismatischer Kasten, der, um ihn festzustellen, durch einen über eine Krampe geworfenen Haken an einen Rahmen befestigt wurde. Dieser Rahmen war auf der Achse fest gemacht und die Verlängerungen der Langhölzer desselben bildeten gleichzeitig die Gabel, worein das Pferd gespannt wurde. Ein solcher Kasten faßte circa 7 bis 8 Cubikfuß Erde. Gewöhnlich wurden zwei Karren zusammen verbunden und von einem Pferde gezogen. Die Räder hielten im Durchmesser 4 Fuß 10 Zoll. Zeichnungen hierüber findet man in Perronet's Werke, übersetzt von Dietlein, worauf wir in dieser Beziehung verweisen.

Zum Transport der Erde bedient man sich auch sehr häufig der vierräderigen Wagen, die nicht auf Eisen- oder Holzbahnen fortgezogen werden. Diese Wagen können circa 20 bis 25 Cubikfuß laden; sie sind mit beweglichen Seitenbrettern versehen, welche aufgezogen werden, sobald man den Wagen entladen will; ferner sind auch die Bodenbretter beweglich, welche umgekippt werden. Zuweilen kommen bei Erdtransporten auch die sogenannten Sturz- oder Wippkarren zur Anwendung. Dieselben haben nur zwei Räder, auf deren Achse der Kasten liegt. Der Kasten wird so angebracht, daß der Schwerpunkt desselben noch etwas über die Achse hinaus nach der Deichsel hin zutrifft. Dieser Kasten ist durch einen Ueberfall an der Deichsel, worauf er, so viel er über die Achse wegragt, ruht, befestigt. Soll nun ein solcher Kasten entleert werden, so wird der Ueberfall gelöst und der vordere Theil des Kastens etwas gehoben, wodurch der Kasten bald zum völligen Umkippen kommt und die Erde aus der hinteren offenen Seite herausfällt. Diese Art Wagen haben aber immer hohe Räder, weshalb es beschwerlich ist, dieselben zu beladen, indem der Arbeiter die Erde zu sehr heben muß. Außerdem erfordern diese Wagen zum Umkehren schon nicht unbedeutenden Raum, was bei den oben angeführten Transportwagen aber nicht nöthig ist, indem diese sowohl vor als auch rückwärts auf der Bahn bewegt werden können.

Beim Transport der Erde ist noch hauptsächlich dafür zu sorgen, daß kein mehrmaliges Versetzen der Erde nothwendig werde, welcher Umstand immer besonders nachtheilig ist, indem das Auf- und Abladen dabei unnöthigerweise wiederholt werden muß, was aber gewöhnlich eben so theuer und bei kleinen Transportweiten sogar noch theurer ist, als das eigentlichr Verkarren oder Verfahren der Erde selbst. Um daher in dieser Beziehung sich zu versichern, muß man vorher die Erdmasse berechnen, welche zum späteren Ausebnen der Baugrube wieder erforderlich wird und dieses Quantum muß dann möglichst in der Nähe abgelagert werden, jedoch an einer solchen Stelle, wo es nicht hinderlich wird. Der übrige Theil des Abtrages, welcher aber später nicht weiter erforderlich ist, muß beim Auswerfen und beim ersten Aufladen auf die Karren oder Wagen ganz beseitigt oder zum Ausfüllen von anderen Unebenheiten benutzt werden.

Druck von A. C. Cato in Meißen.

Müller, Hinrich,

Die Brückenbaukunde in ihrem ganzen Umfange ein Handbuch für Ingenieure und Baumeister

Bd.: 1

Leipzig [1850]